

道路における利用者との接点としての  
舗装の維持管理の効率化

2018年 3月

吉田 武

道路における利用者との接点としての  
舗装の維持管理の効率化

吉田 武

システム情報工学研究科  
筑波大学

2018年 3月

## 目次

1	<b>第1章 序論</b>
1	1.1 本研究の背景と目的
1	1.1.1 背景
1	1.1.2 目的
2	1.2 本研究の全体像
2	1.2.1 本研究の進め方
3	1.2.2 道路の維持管理に係るマネジメントサイクルの基本モデル
4	1.2.3 研究テーマの具体化
6	1.2.4 研究テーマに係る論考
7	1.3 本論文の構成
9	<b>第2章 道路の維持管理に係る現状と本研究の方法論</b>
9	2.1 道路の維持管理に係る現状
9	2.1.1 日本と英国における舗装の維持管理
14	2.1.2 構造物の老朽化対策と予防保全
20	2.1.3 維持管理マネジメントの現状
25	2.2 道路利用者と道路の接点となる施設の基本的な考え方
25	2.2.1 道路利用者と道路の接点となる施設の定義と要件
27	2.2.2 道路利用者と道路および道路管理者との関わり
29	2.2.3 機能の観点からの維持管理
31	2.3 前節までのまとめと本研究の方法論
31	2.3.1 前節までのまとめ
32	2.3.2 本研究の方法論
34	参考文献
37	<b>第3章 道路の維持管理に係る動向分析と研究テーマの具体化</b>
37	3.1 新公共経営におけるパフォーマンス指標
37	3.1.1 英国におけるパフォーマンス指標の用途と要件
39	3.1.2 ニュージーランドにおけるパフォーマンス指標の用途と要件
41	3.1.3 米国におけるパフォーマンス指標の用途と要件
44	3.1.4 日本における道路の維持管理への示唆
48	3.2 業績評価における複合的評価
48	3.2.1 日本における政策評価の導入
49	3.2.2 道路部門におけるパフォーマンス指標の活用
51	3.2.3 自律的評価と複合的評価の必要性
59	3.3 道路管理の効率化のための性能規定
59	3.3.1 日本における技術基準の性能規定化
60	3.3.2 施工直後および供用中の性能
64	3.3.3 海外における契約方式の性能規定化
69	3.3.4 性能規定型維持管理契約等を構成する概念

72	3.3.5 対症的維持とレスポンスタイム基準の意義と改善
81	3.4 複合的評価のための複合指標
81	3.4.1 複合指標の利用と複合指標化の方法
83	3.4.2 国際的組織における舗装の機能別複合指標
85	3.4.3 米国における維持管理品質保証の複合指標
92	3.5 前節までのまとめと研究テーマの具体化
92	3.5.1 前節までのまとめ
99	3.5.2 道路の維持管理に係るマネジメントサイクルの基本モデル
100	3.5.3 研究テーマの具体化
102	3.5.4 本研究の意義
107	参考文献
115	<b>第4章 効率の向上に資する維持管理の業務手順の見直し</b>
115	4.1 修繕予算配分の公平性と点検の省力化
115	4.1.1 舗装点検要領の規定と検証すべき課題
120	4.1.2 管理区間不良率の算出方法
123	4.1.3 課題の検証結果
134	4.2 効率化の目的に応じた業務手順見直しの観点
134	4.2.1 性能規定型維持管理契約等を構成する概念と効果
148	4.2.2 効率化の目的に応じた業務手順見直しの観点と改善策
152	4.3 第4章のまとめ
155	参考文献
159	<b>第5章 効果の向上に資する維持管理の優先順位付け</b>
159	5.1 優先順位付けに用いる指標と検証すべき課題
159	5.1.1 パフォーマンス指数の算出方法
164	5.1.2 検証すべき課題
166	5.2 機能の観点からの予算配分の優先順位付け
166	5.2.1 優先順位付けのための複合指標の算出式
167	5.2.2 課題の検証のための解析区間の概要
169	5.2.3 課題の検証結果
176	5.3 機能の観点からの事業実施の優先順位付け
176	5.3.1 優先順位付けのための複合指標の算出式
176	5.3.2 課題の検証のための解析区間の概要
179	5.3.3 課題の検証結果
189	5.4 第5章のまとめ
192	参考文献
193	<b>第6章 結論</b>
193	6.1 本研究の成果
197	6.2 本研究の目的の達成度
198	6.3 今後の検討課題
200	謝辞

201	<b>付録</b>
201	付録-1 道路施設の複合的評価に関する研究事例の概要(3.2.3 関連)
207	付録-2 米国諸州の MQA プログラム(3.4.3 関連)
210	付録-3 二項分布とベータ分布の関係の証明(4.1.2 関連)
211	<b>各種一覧</b>
211	図のリスト
212	表のリスト
214	省略語・頭字語のリスト
216	本研究に関連する既発表論文のリスト

This page is intentionally left blank.

# 第 1 章 序論

## 1.1 本研究の背景と目的

### 1.1.1 背景

道路は生活や経済活動に不可欠な社会資本として多様な機能を有し、多種多数の施設により構成される。道路の維持管理の目的は道路のサービスを所要の水準に保持することであり、そのために道路施設への維持管理行為が実施される。高齢ストックの増大、予算制約の激化、国民ニーズの多様化等の背景の下、道路を効率的に管理するために維持管理ニーズを適切に評価することは道路管理者の重大な責務である。道路法第 2 条は、道路本体のほか、「トンネル、橋、渡船施設、道路用エレベーター等道路と一体となってその効用を全うする施設又は工作物」(以下、「構造物」という)と「道路の構造の保全、安全かつ円滑な道路の交通の確保その他道路の管理上必要な施設又は工作物」(以下、「附属物」という)を道路施設に含めている。

本研究の対象は、道路利用者へのサービスの場である路面を形成する舗装である。わだち掘れ等の漸進的損傷とポットホール等の突発的損傷を対象とする舗装では、予防保全としての予防的維持と事後保全である対症的維持が維持管理の両輪である。増え続ける舗装ストックに対して、舗装補修費は 1990 年代前半から減少している。一方で、排水性舗装の普及に伴って頻発しているポットホールや剥離により対症的維持の割合が増大している。さらに、2012 年に発生した笹子トンネル天井板落下事故を契機に道路法第 42 条が改正され、道路の修繕を効率的に行うための点検が義務化された。国土交通省が構造物の予防保全への転換を打ち出したことに伴い、崩落、崩壊等が人命や社会システムに関わる致命的な事態となりかねない橋梁、トンネル等の構造物に係る維持管理費用が増加し、舗装の維持管理に係る予算制約がさらに激化すると予想される。

このように、日本の舗装の維持管理を取り巻く現状は厳しく、増大する業務量に対し予算が削減される“DO MORE WITH LESS (より少ないカネでより多くをなせ)”の状態にある。英国においては、既に地方道では対症的維持に追われ、計画的維持を行えなくなっている。この英国の轍を踏まないためにも、舗装の維持管理の効率化が急務である。

### 1.1.2 目的

本研究の主題は、舗装の維持管理の効率化である。効率化において向上させるべきは業務執行効率と事業実施効果である。道路利用者へのサービスの場である路面を形成する舗装の維持管理ニーズは、走行の安全性や快適性を望む道路利用者にもわかりやすい。したがって、維持管理の効率化においては道路利用者の視点が不可欠である。事業実施効果の向上のために、計画策定段階における維持管理ニーズの適切な評価と箇所選定が必要である。予算制約の激化により、道路利用者からの通報であれ道路管理者による発見であれ、認

知された全ての維持管理ニーズには対応できない事態も想定される。予算配分と実施事業の優先順位付けの根拠が、道路に求められる安全、快適等の機能の観点から説明されれば、維持管理行為がなされないとしても、その理由が道路利用者にもわかりやすい。従来の維持管理指数(Maintenance Control Index: MCI)は道路管理者の視察による総合評価に代替しうる評価式として開発されたものであり、機能の観点からの優先順位付けの根拠になり得ない。このため、機能の観点から優先順位付けを行えるという意味で MCI を補完する指標を開発する必要がある。

本研究の目的は、業務執行段階に着目し業務執行効率の向上に資する業務手順の見直しを提案すること、および計画策定段階に着目し事業実施効果の向上に資する優先順位付けを提案することである。

本研究の対象は、構造物としてではなく道路利用者にサービスを提供する施設としての舗装である。この観点からの評価においては、舗装と同様に道路利用者にサービスを提供する防護柵、道路標識、区画線等の附属物との複合的効果を見逃すことができない。本研究では、舗装と附属物のように道路利用者にサービスを提供する道路施設を道路利用者と道路の接点となる施設(Human-Road Interface Facility: HRIF)と呼ぶ。将来における舗装と附属物の複合的評価を見通して評価の枠組みを提案する。ただし、データの整備状況等の道路管理の現状を踏まえ、機能水準と維持管理ニーズの分析対象は車道となる。

## 1.2 本研究の全体像

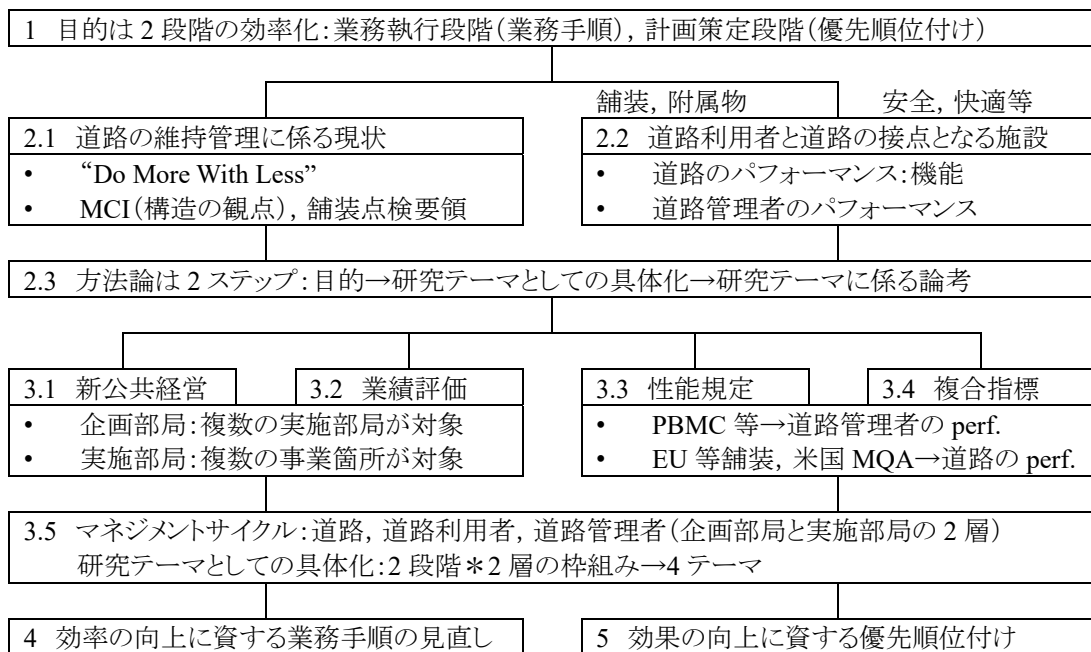
### 1.2.1 本研究の進め方

図 1.2.1 に本研究の進め方を示す。

第 2 章では、文献レビューにより日本における道路の維持管理に係る現状を確認する。同時に、HRIF の基本的な考え方を整理し、維持管理の効率化には道路利用者の視点と機能の観点が必要であることを明らかにする。さらに、HRIF としての舗装の維持管理の効率化を具体的かつ実践的に検討するために、本研究の方法論が、研究目的の達成のための研究テーマとしての具体化と、その研究テーマに係る論考の 2 ステップとなることを示す。

第 3 章では、研究テーマの具体化のために、道路の維持管理に係る国際的な動向分析を行う。動向分析にあたり、道路行政にも導入された実績評価が顧客志向、目的と手段の連鎖、情報公開と透明性の確保の 3 つの重要性を強調していることに着目する。新公共経営におけるパフォーマンス指標、業績評価における複合的評価、道路管理の効率化のための性能規定、および複合的評価のための複合指標の 4 分野で文献レビューを行う。得られた知見に基づき、道路の維持管理に係るマネジメントサイクルを提案する。マネジメントサイクルは、本来、道路管理者の規模や組織構成および道路管理の方針等により多様なものとなるため、基本モデルとしての位置付けである。これらを踏まえ、本研究の目的を研究テーマとして具体化する。





注) 数字は本論文の章番号あるいは節番号. PBMC: Performance-Based Maintenance Contract. MQA: Maintenance Quality Assurance. MCI: Maintenance Control Index.

図 1.2.1 本研究の進め方

## 1.2.2 道路の維持管理に係るマネジメントサイクルの基本モデル

図 1.2.2 に道路の維持管理に係るマネジメントサイクルの基本モデルを示す。

舗装の維持管理においては、道路管理者により提供されたアウトプットが舗装の性状を改善させ、その変化が中間アウトカムとして測定される。測定は定期点検あるいは日常点検を通して行われる。中間アウトカムはひび割れ率、わだち掘れ量、平坦性等の個別指標として測定され、そのまま個別指標としてあるいは MCI 等の複合指標として記録・評価に用いられる。道路に係る社会的課題である交通事故等の最終アウトカムは他部門のアウトプット、道路利用者の条件等の外部要因の影響を受けるため、道路管理者の視点からは他律的である。

構造物の維持管理のために道路管理者が専門的に把握し評価している構造的状態が道路利用者にとって理解しやすいものではないのに対し、舗装の状態は道路利用者が知覚できる。道路のパフォーマンス(事業実施効果)に不満を持つ道路利用者が通報し、道路管理者の対応を道路管理者のパフォーマンス(業務執行効率)として評価する。

道路管理者は、点検・診断・措置・記録の PDCA サイクルを有する。診断とは措置の要否と優先順位付けに係る評価である。道路管理者の組織が、例えば都道府県の県庁本課と出先の土木事務所のように、2層構造であることから、当該サイクルも2層構造で表すことができる。企画部局は複数の実施部局を対象とした定期点検を行い、将来予測に基づき中長期計画を策定し当期予算を配分する。実施部局は日常点検と通報対応に基づき優先順位付けを行い、配分予算下で当期計画を策定した上で事業を実施し記録する。なお、予算単年度主義の日本においては、予算配分に係る当期とは当年度を意味する。

実施部局の業務品質を保証するために、データベース等の支援システムおよび管理規定等の技術マニュアルよりなるマネジメントツールが企画部局により管理されている。海外では実施部局の廃止の形で PDCA サイクルの実施執行部分が外部化されることもある。実施執行が性能規定型維持管理契約 (Performance-Based Maintenance Contract: PBMC) の形式で委託された場合は契約図書がマネジメントツールとして機能する。PBMC の成功事例に共通する概念は、2 層構造におけるマネジメントツールを見直すための観点として道路管理者が内部化できる。

供用性回復を目的とする維持管理行為としては、事後保全として清掃等を含む対症的維持と予防保全として劣化抑制の目的を併せ持つ予防的維持のほかに、強度向上の目的を併せ持つ修繕や事故・災害対応等の緊急的維持がある。本研究では、補修閾値に対する施設状態により対症的維持と予防的維持を区別する。当期に補修閾値を超過する舗装に対するものを対症的維持と呼び、当期に補修閾値を超過しない舗装に対し機能維持等のために行うものを予防的維持と呼ぶ。これとは別に、中長期計画への位置付けの有無により計画的維持と対症的維持を区別する。当期の実施が中長期計画に位置付けられているものを計画的維持と呼び、道路管理者による日常点検や道路利用者からの通報によりニーズが認識され、中長期計画に位置付けられていない舗装に対し行うものを対症的維持と呼ぶ。

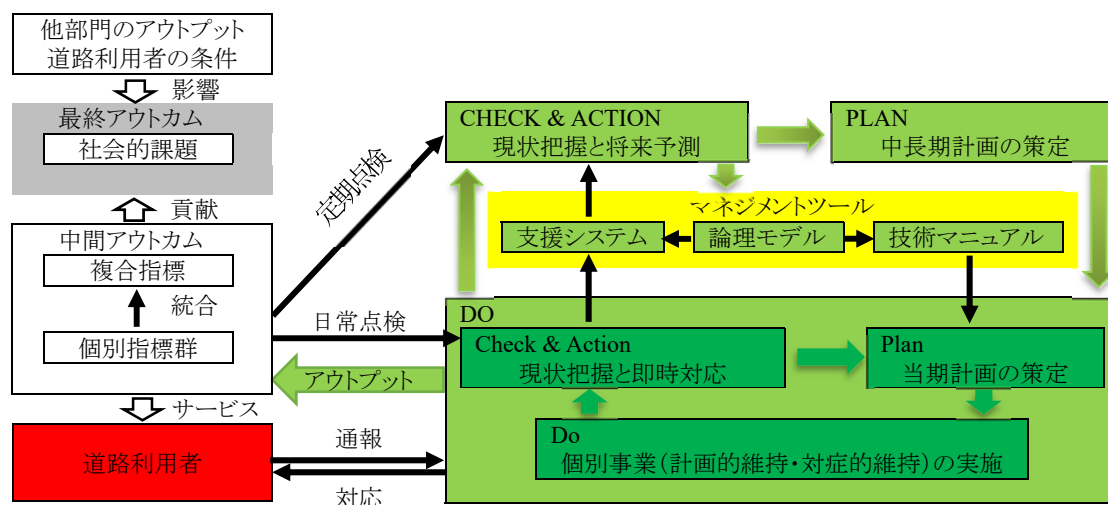


図 1.2.2 道路の維持管理に係るマネジメントサイクルの基本モデル

### 1.2.3 研究テーマの具体化

表 1.2.1 に示すように、維持管理における 2 段階（業務執行段階、計画策定段階）と道路管理者の 2 層構造（企画部局、実施部局）を軸とした枠組みを用いて、本研究の目的を研究テーマとして具体化する。

図 1.2.3 に示すように、定期点検と予算配分を行う企画部局については、点検結果の予算配分への活用を想定した点検方法の選択肢の提案と得失の検証（テーマ A）および点検結果を用いた複数の実施部局を対象とする維持管理水準の比較（テーマ C）が関係する。日常点

検と個別事業を実施する実施部局については、点検と事業の外部委託における効率化およびパフォーマンスの観点の導入による直営業務の効率化(テーマ B)ならびに点検結果を用いた複数の事業箇所を対象とする維持管理水準の比較(テーマ D)が関係する。

表 1.2.1 研究テーマの具体化のための枠組み

段階 組織	業務執行段階	計画策定段階
企画部局	<b>テーマ A</b> 修繕予算配分の公平性と点検の省力化 <達成目標> 診断区分比率の活用と点検方法の選択肢の提案 <研究方法> 点検方法の多様化に応じた不良率の算出方法と得失の検証	<b>テーマ C</b> 機能の観点からの予算配分の優先順位付け <達成目標> 複数の実施部局における維持管理水準の比較 <研究方法> データ蓄積が進んだ舗装 3 特性 (C, D, $\sigma$ ) の複合的評価
実施部局	<b>テーマ B</b> 効率化の目的に応じた業務手順見直しの観点 <達成目標> 業務手順見直しの目的に応じて道路管理者が内部化すべき観点の提案 <研究方法> PBMC 等の海外事例を対象に契約を構成する概念と実施効果との関係の分析	<b>テーマ D</b> 機能の観点からの事業実施の優先順位付け <達成目標> 複数の事業箇所における維持管理水準の比較 <研究方法> 舗装 4 特性 (C, D, $\sigma$ , ポットホール) と附属物 2 工種 (区画線, 道路標示) の複合的評価

注) PBMC: Performance-Based Maintenance Contract . MQA: Maintenance Quality Assurance. C: ひび割れ率. D: わだち掘れ量.  $\sigma$ : 平たん性.

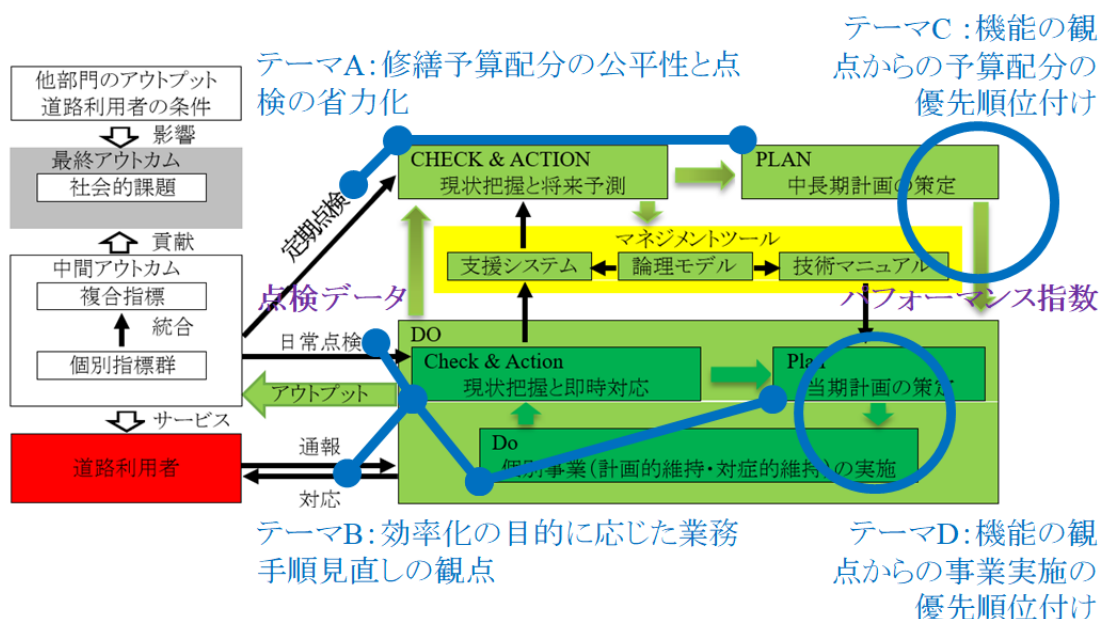


図 1.2.3 舗装の維持管理の効率化におけるテーマ A~D の位置付け

## 1.2.4 研究テーマに係る論考

業務執行段階に関係する2テーマ(A, B)を第4章とし、計画策定段階に関係する2テーマ(C, D)を第5章とする。5.1節ではテーマCとDに共通して用いる指標であるパフォーマンス指数(Performance Index: PI)の算出方法と両テーマで検証すべき課題について述べ、続く5.2, 5.3節で両テーマについて論じる。

本論文の第4章と第5章および第3章は既発表の内容を含む。表1.2.2に論文目録を示す。

表 1.2.2 論文目録

区分	#	書誌情報	節番号
ノート	1	吉田武:性能規定化された技術基準の下での舗装の性能評価法の枠組み, 土木学会論文集, No. 767/V-64, pp. 279-284, 2004.	3.3
	2	吉田武:道路維持管理における対症的措置のパフォーマンス指標としてのレスポンスタイム, 土木学会論文集 F, Vol. 64, No. 1, pp. 110-114, 2008.	3.3
	3	吉田武:道路構造物維持管理における対症的維持の意義と改善, 土木学会論文集 F, Vol. 66, No. 1, pp. 208-213, 2010.	3.3
	4	吉田武:舗装の建設段階および維持管理段階における性能規定型契約, 土木学会論文集 E1(舗装工学), Vol. 68, No. 1, pp. 14-19, 2012.	3.3
論文	5	吉田武:道路維持管理に関する性能規定型契約を構成する概念およびその多面的効果, 土木学会論文集F4(建設マネジメント), Vol. 69, No. 3, pp. 176-189, 2013.	3.3 4.2
報告	6	吉田武:ニュー・パブリック・マネジメント先進国における道路利用者と道路の接点となる施設の維持管理に係る業績指標の用途と要件, 土木学会論文集 F4(建設マネジメント), Vol. 71, No. 1, pp. 64-74, 2015.	3.1, 3.2 3.5
論文	7	吉田武:道路機能の観点から舗装の維持管理ニーズを評価するための複合指標, 土木学会論文集E1(舗装工学), Vol. 72, No. 1, pp. 12-20, 2016.	3.4 5.1, 5.2
	8	吉田武:道路機能の観点からの道路区間の維持管理ニーズの評価, 土木学会論文集 E1(舗装工学), Vol. 72, No. 1, pp. 42-53, 2016.	3.4 5.1, 5.3
	9	吉田武:舗装修繕の予算配分における診断区分比率の観点, 土木学会論文集 E1(舗装工学), (投稿中).	4.1

## 1.3 本論文の構成

図 1.3.1 に本論文の構成を示す。

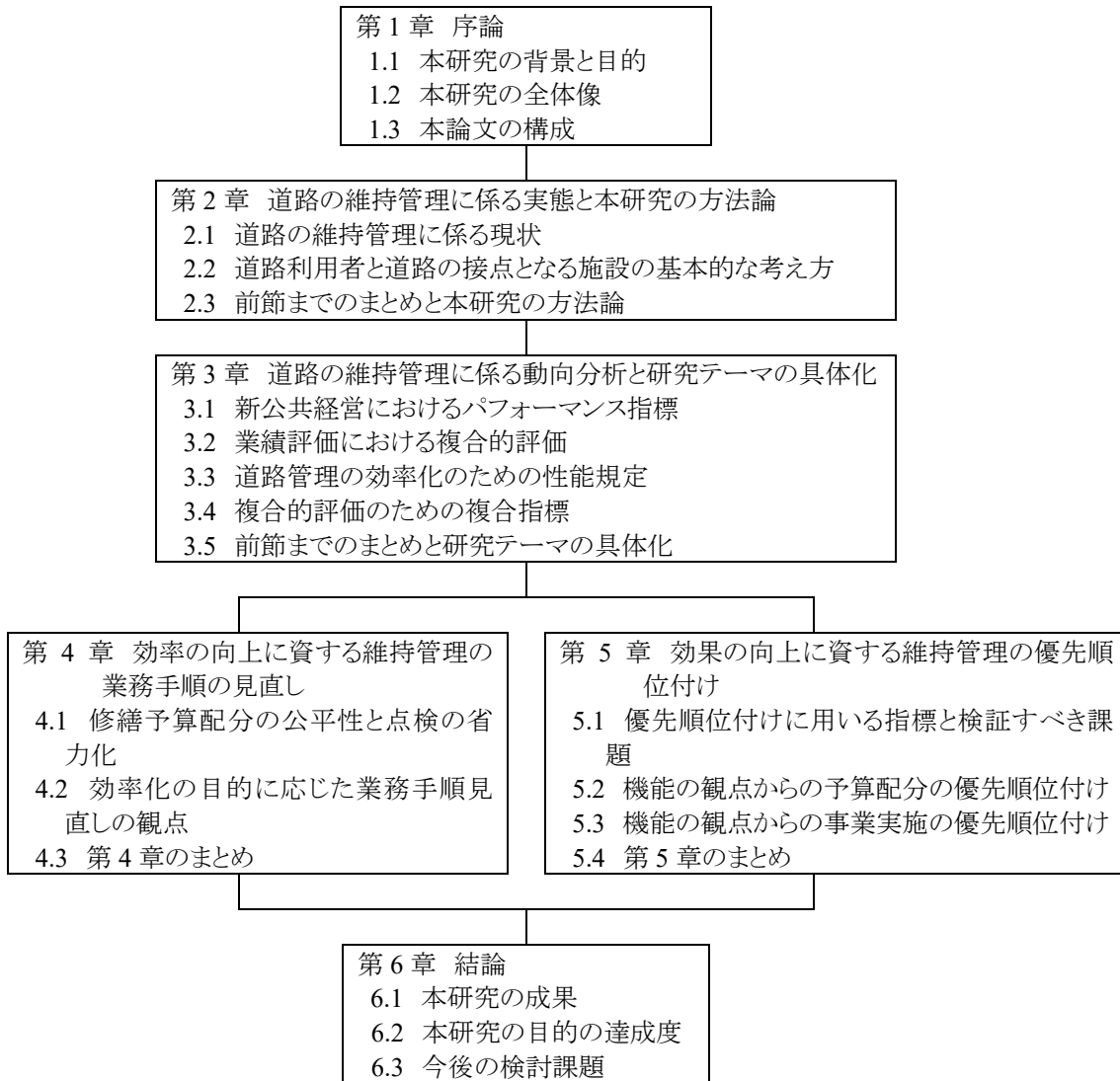


図 1.3.1 本論文の構成

This page is intentionally left blank.

## 第 2 章 道路の維持管理に係る現状と本研究の方法論

### 2.1 道路の維持管理に係る現状

#### 2.1.1 日本と英国における舗装の維持管理

日本における舗装の延長と事業費の推移をみると、1970 年代後半から舗装新設費は減少を続けており、1990 年代前半には舗装補修費も減少に転じた。舗装道路の 8 割は財政基盤が比較的弱い市町村が管理する市町村道である。財政基盤が比較的強い国においても、修繕工法に代わり維持工法を組み合わせる補修を予防的修繕として導入したように、舗装の効率的な管理は重要な課題のひとつとなっている。地方自治体では、排水性舗装の本格的な普及に伴い頻繁に発生しているポットホールや剥離に起因する車両損害および交通事故に係る賠償請求も起きている。

英国の地方道において見られるポットホールの多発、対症的維持の増大、予防的維持の停滞の悪循環は、日本にとって望ましくないシナリオのひとつである。「より少ないカネでより多くをなせ (Do more with less)」という課題を突き付けられている日本の舗装管理には、業務執行効率の向上のために、業務執行段階における業務手順の改善が急務である。

##### (1) 日本における舗装の維持管理

維持管理の現状については、道路と道路管理者のパフォーマンスとして評価され管理瑕疵の問題に発展しかねないことから、国内の道路管理者が路面性状の現況や対症的維持と予防的維持の内訳を公表することは少ない。国土交通省道路局が公表している道路統計年報に基づき、図 2.1.1 に日本における舗装の延長と事業費の推移を示す。同図からわかるように、1970 年代後半から舗装新設費は減少を続けており、1990 年代前半には舗装補修費も減少に転じた。表 2.1.1 に日本における舗装の現況を示す。同表からわかるように、財政基盤が比較的弱い市町村が管理する道路が 8 割を占めている。

道路統計年報によれば、道路事業の種類は道路改良、橋梁整備、舗装新設、橋梁補修、舗装補修、その他修繕、維持、調査、その他の 9 つである。道路は維持管理の時代と言われ始めて久しいが、表 2.1.2 に示す平成 25 年度の道路事業費ベースでは、舗装補修、その他修繕、維持の小計の総計に対する割合は一般国道で 25%、市町村道で 29%である。これに橋梁補修を加えれば、それぞれ 30%と 32%となる。国土交通省道路局(2013a)によれば、維持とは巡回、清掃、除草、剪定、除雪、舗装のパッチング等、道路の機能及び構造の保持を目的とする日常的な行為を指し、修繕とは橋梁、トンネル、舗装等の劣化・損傷部分の補修、耐震補強、法面補強、防雪対策等、道路の損傷した構造を当初の状態に回復させる行為および付加的に必要な機能及び構造の強化を目的とする行為を指す。

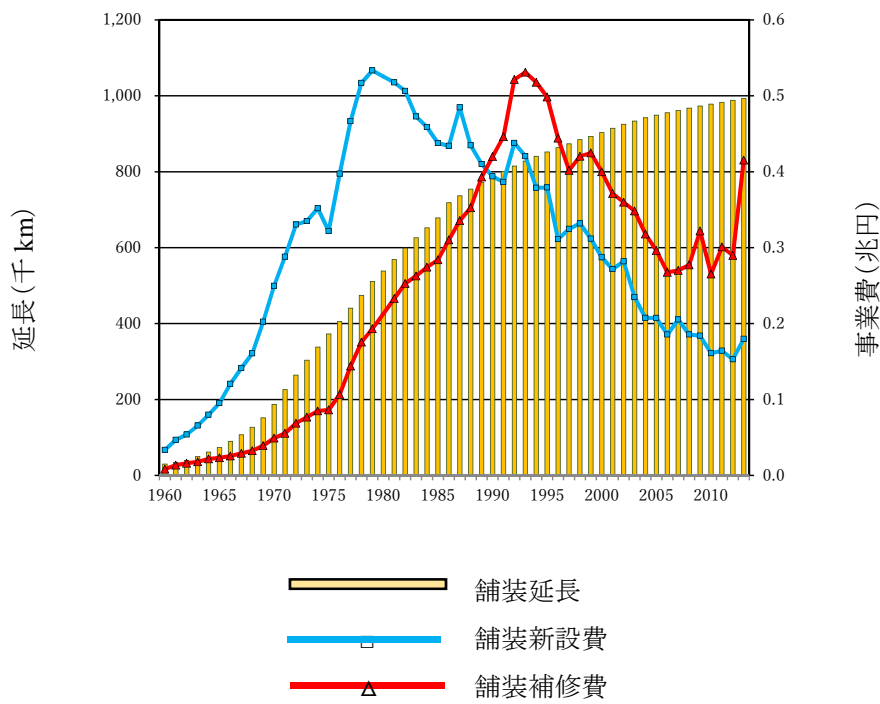


図 2.1.1 日本における舗装の延長と事業費の推移

表 2.1.1 日本における舗装の現況

道路の区分	舗装済み延長 (km)
高速自動車国道	8,428
一般国道	55,301
都道府県道	125,089
市町村道	804,018
一般道路	984,407

注) 時点: 2014 年度当初. 対象: 道路法上の道路. 舗装済み延長: 簡易舗装を含む.



表 2.1.2 平成 25 年度の道路事業費

道路種別	種類	事業費(千円)	割合
一般国道	道路改良	1,279,802,459	0.52
	橋梁整備	307,700,865	0.13
	舗装新設	76,055,981	0.03
	橋梁補修	133,693,088	0.05
	舗装補修	86,045,864	0.04
	その他修繕	144,998,497	0.06
	維持	358,465,940	0.15
	調査	23,854,068	0.01
	その他	38,363,796	0.02
	総計	2,448,980,558	1.00
	市町村道	道路改良	1,009,407,179
橋梁整備		47,713,401	0.02
舗装新設		60,731,235	0.03
橋梁補修		52,291,440	0.03
舗装補修		190,169,126	0.10
その他修繕		28,259,215	0.01
維持		357,120,965	0.18
調査		54,923,024	0.03
その他		154,785,026	0.08
総計		1,955,400,611	1.00

道路の維持管理行為に係る用語である維持と修繕および補修には注意が必要である。従来の理解は、修繕は工事であるのに対し維持には維持工事と維持工事以外の清掃等があるものとし、維持工事と修繕工事の両方を補修とするものであった。例えば、日本道路協会図書(2001)「本基準は、2-5 1.(1)3)において舗装の修繕という用語を用いているが、これはオーバーレイのように舗装の一部を補修するものをいい」、同じく(2013)「維持:計画的に反復して行う手入れまたは緊急に行う軽度な修理をいい、路面の性能を回復させることを目的に実施することをいう。主な維持工法にはパッチングや表面処理などがある。修繕:維持では不経済もしくは十分な回復効果が期待できない場合に、建設時の性能程度に回復することを目的に実施することをいう。主な修繕工法には打換え工法や切削オーバーレイ工法などがある」、舟橋(2006)「舗装(路面)の状態は、道路利用者の安全性、快適性等に影響を与えること等から、舗装の性能低下に伴い適切に補修を実施する必要がある、直轄国道においても軽度な修理等を行う維持と建設時の性能程度に復旧することを目的とした修繕を組み合わせ実施してきたところ」である。ところが、国土交通省道路局は舗装点検要領(2016)において、従来は維持工事あるいは維持工法という意味で維持と呼んでいた「管理基準未満で実施される、ひび割れ箇所へのシール材注入や、わだち部の切削など、現状の舗装の機能を維持するための措置」に対して補修の語を当てた。本研究は従来の理解に従うこととし、1.2.2 項において既に述べたように、「供用性回復を目的とする維持管理行為としては、事後保全として清掃等を含む対症的維持と予防保全として劣化抑制の目的を併せ持つ予防的維持のほか、強度向上

の目的を併せ持つ修繕や事故・災害対応等の緊急的維持がある。本研究では、補修閾値に対する施設状態により対症的維持と予防的維持を区別する」。ただし、舗装点検要領による点検の支援策を論じるテーマ A に限り、舗装点検要領の定義に従うこととする。

舟橋(2006)によれば、国土交通省は延長約 2 万 km の直轄国道を管理し、軽度な修理等を行う維持と建設時の性能程度に復旧することを目的とした修繕を実施してきた。維持工法の例はシール材注入、切削、局部打換えであり、修繕工法の例は切削オーバーレイである。従来は維持として位置づけられていた舗装補修のうち、直轄国道の密粒度舗装のひび割れ率が 30%以上もしくはわだち掘れ量が 30mm 以上である区間において舗装のさらなる長寿命化および舗装補修のコスト縮減を図るために、修繕工法に代わり維持工法を組み合わせる補修を予防的修繕と呼ぶこととした(国土交通省, 2006a)。このように、財政基盤が比較的強い国においても、舗装の効率的な管理は重要な課題のひとつとなっている。

代表的な路面性状であるひび割れ、わだち掘れ、縦断凹凸は劣化の進行が緩やかであるが、排水機能と騒音低減機能を併せ持つ排水性舗装の本格的な普及に伴って、従来の密粒度舗装には見られなかった供用後早期にポットホール等の破損がおきる事例が多く、道路管理者から報告されている(土木研究所, 2006)。排水性舗装のポットホールは短期間で拡大する可能性が高く、道路利用者に与える影響は大きい。東京都では、集中豪雨が多発した2005年に、幹線道路で頻繁にポットホールや剥離が発生し損害賠償を求められるケースも少なくなかった(峰岸ら, 2007)。首都高速道路の舗装マネジメントシステムはわだち掘れとひび割れに着目し計画的補修につなげていくためのものであるが、ポットホールなどは緊急に補修する必要があるため、直ちに補修を行う要緊急対応(Aランク)として当該システムの上位に位置づけられている(和泉と藤野, 2009)。

排水性舗装が路面排水や騒音低減の効果に着目され普及する一方で、耐久性や効果の持続性に係る課題も認識され様々な研究がなされてきた(久保ら, 2008)。セメントコンクリート(梶尾ら, 2004)やゴム(大西ら, 2000)による技術も研究されたが排水性舗装を代替することはできなかった。排水性舗装に係る課題の解決は今後の技術開発に待つよりほかは無く、道路管理者には民間の技術力を引き出す姿勢が求められる。社会資本整備審議会道路分科会(2014)は、「道路管理者に対して厳しく点検を義務化」、「産学官の予算・人材・技術のリソースをすべて投入する総力戦の体制を構築」等を提言した。道路分科会提言は、道路施設の老朽化対策として点検・診断・措置・記録のメンテナンスサイクルを回すことを重視しており、橋梁等の構造物の修繕に主眼をおいている。しかし、その内容は国、地方公共団体、民間、国民という維持管理に係る全関係者を対象としており、道路施設に係る維持管理全般に適用できるものである。道路分科会提言のいう「総力戦」とは、産学官のリソース(予算・人材・技術)を全て投入し総力をあげてメンテナンスサイクルを回す仕組みを構築することである。その柱として、維持管理・更新に係る安定的な予算確保、地方公共団体の取組みに対する体制支援、民間の技術力を引き出す仕組みづくり、国民の理解・協働の推進を示している。民間企業に対しては、適切に点検業務・修繕工事を実施し、技術開発を推進できるよう、施工実態等を踏まえた

点検業務・修繕工事の適正な積算基準を設定するとともに、民間が開発した技術の試行・評価や、産学官による共同研究開発等を国が中心となって戦略的に取り組むこととしている。

## (2) 英国の地方道における舗装の維持管理

英国アスファルト協会 (Asphalt Industry Alliance: AIA) は毎年、英国道路網の 95% にあたる地方道の道路管理者を対象とした ALARM (Annual Local Authority Road Maintenance) 調査を実施している。当該調査の目的は、地方道の現状と維持管理の水準を明らかにし、適切な道路状態を確保するために必要な予算の水準を明らかにすることである。当該調査 (AIA HP, 2016) に基づき、表 2.1.3 に英国の地方道における舗装の維持管理状況の推移を示す。同表から明らかのように、ロンドン是对症的維持の割合が高く比較的短期間で表層が更新されているにもかかわらず、賠償請求に係る支払額と対応時間の規模が 1 都市にしては大きい。2016 年の調査からは賠償請求に係る調査項目として支払額に加え職員費用が追加されている。両者の額はロンドンを除くイングランドで 8.9 百万ポンドと 9 百万ポンド、ロンドンで 4.1 百万ポンドと 2.4 百万ポンドである。交通量が多く、高い管理水準を要求される都市部において、路面性状に起因する車両損害および交通事故への対策として対症的維持が実施されていると推察される。

表2.1.3 英国の地方道における舗装の維持管理状況の推移

年	ロンドンを除くイングランド				ロンドン			
	対症的維持の割合*1 (%)	表層更新の周期*2 (年)	賠償の支払額*3 (百万£)	職員の対応時間*4 (日)	対症的維持の割合*1 (%)	表層更新の周期*2 (年)	賠償の支払額*3 (百万£)	職員の対応時間*4 (日)
1998	31	142			24	77		
1999	37	127	22.2		32	47	1	
2000	36	82	33.8		32	70	6.2	
2001	30	113	40	18,000	37	33	3.4	3,000
2002	30	78	92	21,000	43	35	34	4,600
2003	32	77	56	27,000	36	34	22	7,000
2004	29	53	85	47,000	42	56	14	8,400
2005	25	51	93	48,000	37	23	13	7,300
2006	24	56	47.3	47,000	31	28	16	14,600
2007	24	74	39	36,200	31	34	6.7	4,200
2008	26	65	24.2	29,498	32	34	22.2	6,782
2009	27	79	22.1	38,123	27	37	3.1	12,524
2010	24	58.4	16.7	42,799	28	34.2	5.6	5,636
2011	27	68	10.6	35,383	33	42	6.4	7,410
2012	23	58	16.7	37,300	30	32	3.2	7,100
2013	25	54	23.8	38,560	33	34	6.3	8,500
2014	24	68	11.1		34	32	4.4	
2015	23	64	20.2		29	31	2.2	
2016		65	8.9			26	4.1	

注)\*1: 対症的維持 (reactive maintenance) に使われた予算の割合。\*2: 予算額が現行のままである場合の表層更新 (road surfacing) の周期。\*3: 路面性状に起因する車両損害および交通事故に係る賠償請求 (compensation claims) への支払額。\*4: 賠償請求への対応に職員が費やした時間

予防保全のような計画的維持が供用性回復に加え劣化抑制の効果があるのに対し、対症的維持は供用性回復だけの応急措置でしかない。対症的維持への過大な支出が計画的維持予算を圧迫し、計画的維持の遅れがポットホール等の路面損傷と延いては賠償請求の原因となっていると ALARM 調査は結論している。

## 2.1.2 構造物の老朽化対策と予防保全

2013 年に改正された道路法第 42 条は、道路の修繕を効率的に行うための点検を義務化した。これを受け、施設の特性を踏まえた合理的な点検の方針として、橋梁、トンネル等についての状態監視保全と舗装、照明柱等についての更新年数に基づく予防保全が打ち出された。このことは構造物に係る維持管理費用の増加を意味しており、舗装の維持管理に係る予算制約はさらに激化すると予想される。構造物とでは維持管理に係る時間的視野が異なる舗装について、予防保全とは別の観点からの合理化の検討が必要である。

### (1) 道路法の改正

道路は建設の時代から維持管理の時代に入った、と言われ始めて久しい。道路は生活や経済活動に不可欠な社会資本として多様な機能を有し、多種多数の施設により構成される。道路の維持管理の目的は道路の機能を所要の水準に保持することであり、そのために道路施設への維持管理行為が実施される。高齢ストックの増大、予算制約の激化、国民ニーズの多様化等の背景の下、維持管理業務の進め方の改善と維持管理ニーズの適切な評価により道路を効率的に維持管理することは道路管理者の重大な責務である。道路構造物の今後の管理・更新等のあり方に関する検討委員会(2003)からの、アセットマネジメント導入による総合的なマネジメントシステムの構築、ライフサイクルコスト(LCC)の考慮等の提言を受け、国土交通省(2006b)は適切な道路管理による道路構造物の延命化を主要な施策の一つとして位置づけている。

2012 年に発生した笹子トンネル天井板落下事故を契機に、国土交通省は道路法(昭和 27 年法律第 180 号)の改正を含め、構造物の点検システムの構築を進めている。表 2.1.4 に道路の老朽化対策に関する国土交通省の取り組みの経緯を示す。道路法は第 42 条において、道路管理者による道路の適切な維持・修繕について定めており、道路の維持・修繕の技術的基準は政令で定めるとしているが、2013 年の改正により、この基準には道路の修繕を効率的に行うための点検に関する基準が含まれるべきことが新たに規定された。道路法第 30 条において政令で定めるとした「道路の構造の技術的基準」は道路構造令(昭和 45 年政令第 320 号)として制定された。一方、道路法第 42 条が政令に委ねるとした「道路の維持又は修繕に関する技術的基準その他必要な事項」は長らく未制定であった。今回、道路法等の一部を改正する法律の施行に伴う関係政令の整備に関する政令(平成 25 年政令第 243 号)により、道路法施行令(昭和 27 年政令第 479 号)第 35 条の 2 として制定されたが、内容は構造の観点からの点検に関する基準でありサービス水準に関する基準は含まれていない。表 2.1.5 に道路構造物の点検に係る規定を示す。

表2.1.4 道路の老朽化対策に関する国土交通省の取り組みの経緯

2012.12.2	笹子トンネル天井板落下事故
2012.12.7	トンネル内の道路附属物等の緊急点検実施
2013.2～	道路ストックの集中点検実施
2013.6.5	社会資本整備審議会道路メンテナンス技術小委員会における中間とりまとめ「道路のメンテナンスサイクルの構築に向けて」
2013.6.5	道路法等の一部を改正する法律(平成25年法律第30号)公布
2013.8.26	道路法等の一部を改正する法律の施行に伴う関係政令の整備に関する政令(平成25年政令第243号)公布
2014.3.31	道路法施行規則(昭和27年建設省令第25号)の一部を改正する省令およびトンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示(平成26年国土交通省告示第426号)公布
2014.4.14	社会資本整備審議会道路分科会建議「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」
2014.6.25	定期点検要領(技術的助言)通知
2014.7.1	道路法施行規則(昭和27年建設省令第25号)の一部を改正する省令およびトンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示(平成26年国土交通省告示第426号)施行

表 2.1.5 道路構造物の点検に係る規定

<p>道路法(道路の維持又は修繕)</p> <p>第四十二条 道路管理者は、道路を常時良好な状態に保つように維持し、修繕し、もつて一般交通に支障を及ぼさないように努めなければならない。</p> <p>2 道路の維持又は修繕に関する技術的基準その他必要な事項は、政令で定める。</p> <p>3 前項の技術的基準は、道路の修繕を効率的に行うための点検に関する基準を含むものでなければならない。</p> <p>道路法施行令(道路の維持又は修繕に関する技術的基準等)</p> <p>第三十五条の二 法第四十二条第二項の政令で定める道路の維持又は修繕に関する技術的基準その他必要な事項は、次のとおりとする。</p> <p>一 道路の構造、交通状況又は維持若しくは修繕の状況、道路の存する地域の地形、地質又は気象の状況その他の状況(次号において「道路構造等」という。)を勘案して、適切な時期に、道路の巡視を行い、及び清掃、除草、除雪その他の道路の機能を維持するために必要な措置を講ずること。</p> <p>二 道路の点検は、トンネル、橋その他の道路を構成する施設若しくは工作物又は道路の附属物について、道路構造等を勘案して、適切な時期に、目視その他適切な方法により行うこと。</p> <p>三 前号の点検その他の方法により道路の損傷、腐食その他の劣化その他の異状があることを把握したときは、道路の効率的な維持及び修繕が図られるよう、必要な措置を講ずること。</p> <p>2 前項に規定するもののほか、道路の維持又は修繕に関する技術的基準その他必要な事項は、国土交通省令で定める。</p> <p>道路法施行規則(道路の維持又は修繕に関する技術的基準等)</p> <p>第四条の五の五 令第三十五条の二第二項の国土交通省令で定める道路の維持又は修繕に関する技術的基準その他必要な事項は、次のとおりとする。</p> <p>一 トンネル、橋その他道路を構成する施設若しくは工作物又は道路の附属物のうち、損傷、腐食その他の劣化その他の異状が生じた場合に道路の構造又は交通に大きな支障を及ぼすおそれがあるもの(以下この条において「トンネル等」という。)の点検は、トンネル等の点検を適正に行うために必要な知識及び技能を有する者が行うこととし、近接目視により、五年に一回の頻度で行うことを基本とすること。</p> <p>二 前号の点検を行ったときは、当該トンネル等について健全性の診断を行い、その結果を国土交通大臣が定めるところにより分類すること。</p> <p>三 第一号の点検及び前号の診断の結果並びにトンネル等について令第三十五条の二第一項第三号の措置を講じたときは、その内容を記録し、当該トンネル等が利用されている期間中は、これを保存すること。</p>
--

道路法第42条が政令に委ねるとした維持・修繕の技術的基準が長らく未制定であった背景をうかがい知ることができるものとして、1984年当時の建設省土木研究所道路部長藤田(1984)は、技術基準制定に伴う困難について次のように書いている。「技術基準には現状における技術的知見が盛り込まれると同時に、確保すべき道路の安全性、快適性などのサービス水準に関する思想が必ず盛り込まれている」、「人間の能力あるいは快適性に対する感性についてどの程度を標準と考えるか、これらに対する考え方は極端に言えば一人一人異なる。その違いが時に道路の管理瑕疵に関する訴訟となって表れてくる」、「維持管理が国民の安全に直接かかわることが多いだけに、維持管理基準を明示することがためられる場合がある。たとえば路面のすべり摩擦係数を例にとってみる。路面のすべり摩擦係数を一定値以上に保つべしというのはたやすい。しかし、膨大な量の道路のすべり摩擦抵抗を管理する手段が与えられているだろうか。気候条件、路面の摩擦等によるバラツキは避け難い。このような状況において一定値を定めるのは自殺行為に等しい。ただ1地点が一定値を下回ったからといって、道路管理者が責めを負うのは腹立たしいことである」。

なお、地域主権改革を進めるために、義務付け・枠付けの見直しと条例制定権の拡大を図るものとして、2011年に「地域の自主性及び自立性を高めるための改革の推進を図るための関係法律の整備に関する法律」(平成23年法律第37号、第1次一括法)が成立した。これにより道路法第30条が改正され、高速自動車国道及び国道の構造の技術的基準は13事項について政令で定めること、また、都道府県道及び市町村道の構造の技術的基準は通行する自動車の種類に関する事項、建築限界、橋その他政令で定める主要な工作物の自動車の荷重に対し必要な強度の3事項について政令で定めることとなった。同時に、幅員、線形、視距、勾配、路面、排水施設、交差又は接続、待避所、横断歩道橋、さくその他安全な交通を確保するための施設、前各号に掲げるもののほか高速自動車国道及び国道の構造について必要な事項の10事項等に係る都道府県道及び市町村道の構造の技術的基準は、政令で定める基準を参酌して、当該道路の道路管理者である地方公共団体の条例で定めることとなった。国の管理する道路については、2013年に「国が管理する一般国道及び高速自動車国道の維持管理基準(案)」(平成25年4月、国土交通省)が示され、以前に比べてより管理基準が明確化された。舗装については、「舗装のシール材の注入や切削による舗装補修は、路面のひび割れ率が30%~40%の区間又はわだち掘れ量が30mm~40mmの区間を目安として実施する」、「舗装の打ち換えや切削オーバーレイによる舗装補修は、路面のひび割れ率40%以上又はわだち掘れ量40mm以上の区間について実施する」とされている。地域主権改革は、地域の住民を代表する議会の審議を通じ、地方公共団体自らの判断と責任において行政を実施する仕組みに改めていくことにより、地域の実情に合った最適な行政サービスの提供を実現することを目指した取組みとして評価できる。維持管理においても地域の実情に合った最適な行政サービスの提供という理念は重要である。

## (2) 道路構造物の点検

図 2.1.2 に示す社会資本整備審議会道路分科会(2014)による施設の特性を踏まえた合理的な点検の方針では、「橋梁,トンネル等については,国が定める統一的な基準によって,5年に1度,近接目視による全数監視を実施.舗装,照明柱等構造が比較的単純なものは,経年的な劣化に基づき適切な更新年数を設定し,点検・更新することを検討」が施設の特性を踏まえた合理的な点検とされている.当該方針と表 2.1.6 に示すトンネル等の健全性の診断結果の分類には予防保全の思想が見られる.保全とは施設を安全あるいは安定した状態に保つことをいい,日本工業規格(JIS)(2000)によれば,予防保全と事後保全の2つに大別される.予防保全とは「アイテムの使用中の故障の発生を未然に防止するために,規定の間隔又は基準に従って遂行し,アイテムの機能劣化又は故障の確率を低減するために行う保全」を指し,時間計画保全と状態監視保全がある.時間計画保全とは定められた時間計画に従って遂行される予防保全であり,予定の時間間隔で行う定期保全とアイテムが予定の累積動作時間に達したときに行う経時保全がある.状態監視保全は状態監視に基づく予防保全である.事後保全とは「フォールト発見後,アイテムを要求機能遂行状態に修復させるために行われる保全」を指す.時間計画保全には,故障の可能性の低減と計画的作業によるサービス停止時間の短縮の利点がある一方で,想定していた耐用時間よりも短命である場合の事後保全あるいは長命である場合の過剰交換の危険がある.状態監視保全を行うためには定量的あるいは定性的な点検情報が必要であり,そのための費用が発生する.また,状態の良否を判定あるいは健全度を診断するための知見が必要となる.

道路法第2条による分類		
構造物	舗装	附属物
橋梁,トンネル等については,国が定める統一的な基準によって,5年に1度,近接目視による全数監視を実施.	路面(表層)	防護柵,道路標識,区画線等
	舗装,照明柱等構造が比較的単純なものは,経年的な劣化に基づき適切な更新年数を設定し,点検・更新することを検討.	

図 2.1.2 施設の特性を踏まえた合理的な点検の方針

表 2.1.6 トンネル等の健全性の診断結果の分類

	区分	状態
I	健全	構造物の機能に支障が生じていない状態。
II	予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが,予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。
III	早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり,早期に措置を講ずべき状態。
IV	緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている,又は生じる可能性が著しく高く,緊急に措置を講ずべき状態。

2013年2月、国土交通省道路局は総点検実施要領(案)【橋梁編】、【道路トンネル編】、【舗装編】、【道路標識、道路照明施設、道路情報提供装置編】、【横断歩道橋編】、【道路のり面工・土工構造物編】を策定した。これを受けて、全道路管理者は既存の点検要領等もしくは総点検実施要領(案)に基づく総点検と緊急修繕を実施した。総点検実施要領(案)【舗装編】(道路局, 2013b)には、主として市町村が総点検を実施する際の参考として作成したものであること、各道路管理者が別の点検要領などにより本要領(案)の点検内容を越えての点検等を実施することを妨げるものではないこと、概ね100m毎の評価単位区間内の平均的なひび割れ率(度)、わだち掘れ量、IRIを評価することが明記されている。この時、国土交通省及び内閣府沖縄総合事務局が管理する道路の舗装調査に適用された舗装の調査要領(案)(国道・防災課, 2013)には、調査結果の整理は管理単位延長(100m)ごとに行うこと、わだち掘れ量は20mごと5断面の外側わだち部と内側わだち部の10個の値より最大値と平均値を計算することが明記されている。

表2.1.7に道路構造物の点検要領を示す。道路橋定期点検要領(道路局, 2014)が道路法施行規則第4条の5の5(原文は第4条の5の2)の規定に基づいて行う点検に関するものと位置付けられているのに対し、舗装点検要領(道路局, 2016)と小規模附属物点検要領(道路局, 2017)は道路法施行令第35条の2第1項第二号の規定に基づいて行う点検に関するものと位置付けられている。「トンネル、橋その他道路を構成する施設若しくは工作物又は道路の附属物のうち、損傷、腐食その他の劣化その他の異状が生じた場合に道路の構造又は交通に大きな支障を及ぼすおそれがあるもの」(以下、「トンネル等」という)と舗装・附属物の位置付けの違いが明確である。

表 2.1.7 道路構造物の点検要領

策定	【国管理】定期点検要領	定期点検要領(技術的助言)
2013年 2月	舗装の調査要領(案) 道路のり面工・土工構造物の調査要領(案)	
2014年 6月	橋梁定期点検要領 道路トンネル定期点検要領 シェッド、大型カルバート等定期点検要領 歩道橋定期点検要領 附属物(標識、照明施設等)点検要領	道路橋定期点検要領 道路トンネル定期点検要領 シェッド、大型カルバート等定期点検要領 横断歩道橋定期点検要領 門型標識等定期点検要領
2016年 10月		舗装点検要領
2017年 3月	舗装点検要領	小規模附属物点検要領
2017年 8月		道路土工構造物点検要領

注) 技術的な助言とは地方自治法(昭和22年法律第67号)第245条の4第1項に基づくもの。



トンネル等に2年遅れて点検要領が公表された舗装と小規模附属物であるが、構造の観点からの点検であることはトンネル等と同様である。舗装点検要領は、表層や基層(以下、「表層等」という)のきめ細かな管理を通じた舗装の長寿命化、すなわち表層等の適時修繕による路盤以下の層の保護等を通じた長寿命化を目的としている。小規模附属物点検要領は、道路の附属物のうち道路の標識及び照明施設の点検に適用するものである。点検の目的は、小規模附属物の支柱や支柱取り付け部等の弱点部の変状が原因となり、道路利用者及び第三者被害のおそれのある事故を防止し、安全かつ円滑な道路交通の確保を図ることである。道路の標識及び照明施設は、突然の灯具の落下や支柱の倒壊等の事故事例が報告されているという背景がある。

耐荷力の観点から予防保全を検討するトンネル等と舗装・附属物とでは、維持管理に係る時間的視野が異なる。例えば舗装については、図2.1.3に示すように舗装構造と表層では寿命が大きく異なる。アスファルト舗装の設計期間は10年であるが、実態として20年を超えても壊れないものもある。これに対し損傷による表層の寿命は数年程度である。さらに、ひび割れ、わだち掘れ、縦断凹凸のように進行が漸進的であれば計画的対応が可能であるが、排水性舗装の普及に伴い多発している剥離とポットホールのような突発的損傷については即時の対応が必要である。

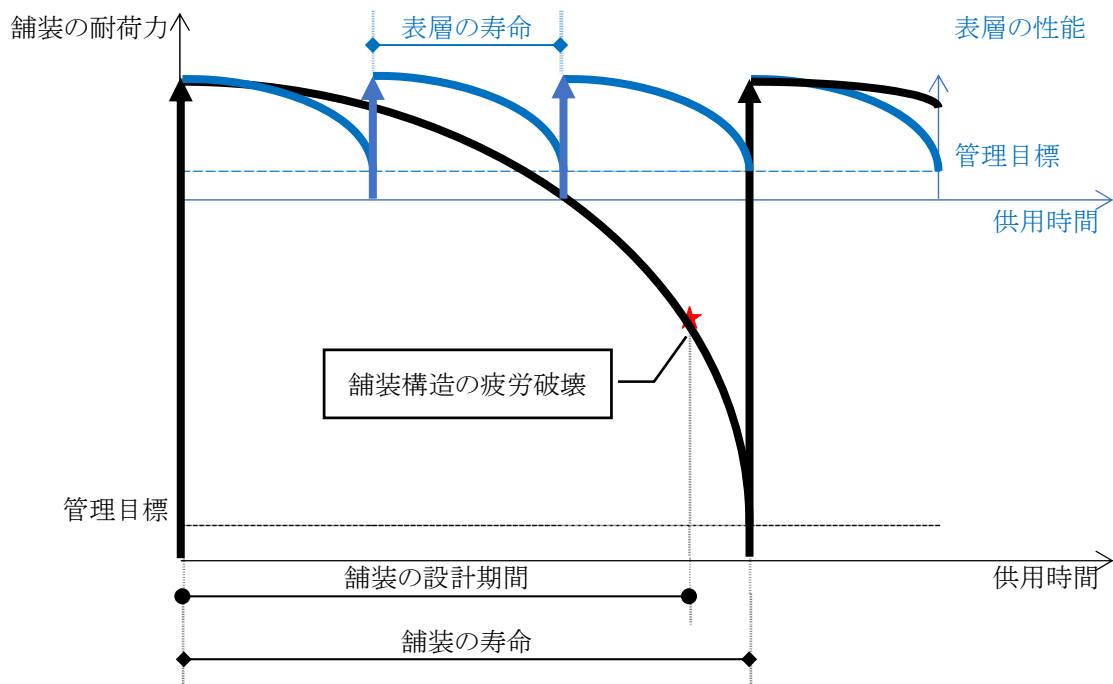


図 2.1.3 舗装と表層のパフォーマンスカーブ

### 2.1.3 維持管理マネジメントの現状

予算制約の激化により全ての維持管理ニーズへの対応が不可能となる事態も想定される。事業実施効果の向上のために、計画策定段階における維持管理ニーズの適切な評価と箇所選定が急務である。

実施事業の優先順位付けについては道路利用者の視点と機能の観点からなされる必要がある。しかしながら、舗装については、国民ニーズの多様化等の背景の下で顧客志向の道路管理を行うために不可欠な、機能の観点からの評価方法が提案されるには至っていない。すなわち特定の機能に関し、維持管理指数(Maintenance Control Index: MCI)に代えて適用できる指標が存在せず、影響を与える路面特性の水準を路面特性間で比較する手段も存在しない。従来の路面特性に係る指標間の比較可能性を確保するとともに、MCIを補完する指標を開発する必要がある。

マネジメントサイクルに係る既往研究を見渡しても、道路管理者が行う日常点検あるいは道路利用者からの通報により維持管理ニーズが認知される対症的維持の分析モデルとして適当な基本モデルは提案されていない。対症的維持の業務全体について通報という形での道路利用者の関与という特徴を踏まえ論じたものも見当たらない。

#### (1) 維持管理マネジメントに係る研究の蓄積

維持管理におけるマネジメントとは、施設の状態・性能に関する点検結果のネットワークレベルでの蓄積と予測技術により将来に展開された状態・性能に基づき、管理水準とライフサイクルコストの観点から最適な維持管理計画を立案することである。

施設数量と関連費用が他工種に比べて大きな舗装と橋梁については、工種ごとのマネジメントシステムとシステムを運用するための複合指標の開発が以前から進められてきた。アセットマネジメントにはマクロマネジメントとミクロマネジメントの2つの概念がある。マクロマネジメントとは、橋梁等の構造物を群として捉え、群全体としての最適な中・長期の維持管理計画の策定と必要な予算の確保を目指すものである。ミクロマネジメントとは、個々の橋梁について、現状から将来の状態を予測し、いつ、どのような対策をすればよいか等、個別最適管理計画の策定を目指すものである(玉越ら, 2009)。舗装では、トンネル等と異なり幾何学的配列が連続的であるため、道路網全体の投資計画や個々のプロジェクトの優先順位を決定するネットワークレベルと個別区間の設計・工法選定等の詳細にわたる実施計画を決定するプロジェクトレベルのマネジメントが採用されている。

附属物は機能不全が交通事故等の致命的事態を招きかねない施設でありながら、関連費用が少ないことと不具合率が低いことから、マネジメントの研究が進んでいない。マネジメントに不可欠な施設の状態・性能に関する点検結果のネットワークレベルでの蓄積すら十分とは言えない。海外においてもマネジメントシステムを導入している道路管理者は少数であり、マネジメントに必要な耐用年数、劣化モデル等のデータが不足している場合も多い。複数の工種を統合したマネジメントの研究は緒に就いたばかりである(TRB, 2007)(Akofio-Sowah et al., 2014)。

米国の 2012 年陸上交通法である 21 世紀前進法 (Moving Ahead for Progress in the 21st Century: MAP21) に規定された国道パフォーマンスプログラムは舗装と橋梁のパフォーマンス管理および道路区域内のすべての施設を対象とした資産管理を義務づけている (FHWA, 2012).

## (2) 日本における路面評価の指標

1970 年代に道路維持修繕要綱 (日本道路協会, 1978) は補修要否判断の目標値を明らかにした. 交通量の多い一般道の場合, ひび割れ率が 30%~40%, わだち掘れ量が 30mm~40mm, 平たん性が 4.0mm~5.0mm であり, 交通量の少ない一般道の場合, ひび割れ率が 40%~50%, わだち掘れ量が 40mm である.

1980 年代に当時の建設省 (現, 国土交通省) が開発した維持管理指数 (Maintenance Control Index: MCI) は 3 種類の路面特性値から算出することが基本である. ただし, データの未整備や特定の路面特性値だけが著しく増加する舗装の存在を想定して, 以下の 4 式のうち最小値をもって MCI とすることとしている. MCI による判断基準は, 5 以上であれば望ましい管理水準, 4 以下であれば修繕が必要, 3 以下であれば早急に修繕が必要, である.

$$MCI = 10 - 1.48C^{0.3} - 0.29D^{0.7} - 0.47\sigma^{0.2} \quad (2.1.1)$$

$$MCI_0 = 10 - 1.51C^{0.3} - 0.30D^{0.7} \quad (2.1.2)$$

$$MCI_1 = 10 - 2.23C^{0.3} \quad (2.1.3)$$

$$MCI_2 = 10 - 0.54D^{0.7} \quad (2.1.4)$$

ここで, C: ひび割れ率%, D: わだち掘れ量 mm,  $\sigma$ : 平たん性 mm であり,  $\sigma$  が未測定の場合は MCI の代わりに  $MCI_0$  を用いる. MCI は舗装の供用性に対する組織内技術者の視察による総合評価に代替しうる評価式として開発された. その背景には, 舗装の供用性に影響を及ぼす要因は多様であり, 供用性を評価する者の立場および主観によって重要視する要因が異なるため, 道路利用者の視点からの評価を維持管理に反映させることは困難であるという判断があった (建設省, 1980).

1990 年代に入り舗装の修繕が MCI だけでなく, 沿道住民や道路利用者からの苦情を受けて判断されている実態が明らかとなった (建設省, 1997). これに対応するため, 池田と東嶋 (1998) は道路管理者による評価としての MCI の適合性を定性的方法により確認した. また, MCI 式の変更を定量的方法により検討したが, 「行政的影響, つまりこれまでの MCI を変更することによる困難や難しさ」等を考慮して変更しないこととした. 近年, 「舗装のさらなる長寿命化およびコスト削減を図る観点から」, 直轄国道の密粒度舗装のひび割れ率が 30% 以上もしくはわだち掘れ量が 30mm 以上である区間では, 従来は維持として位置づけられていた補修である予防的修繕もしくは修繕を実施している (舟橋, 2006). 舗装の評価に際し留意すべきは, 道路管理者が LCC 等の道路管理のパフォーマンスにも着目し計画的維持を考慮するのに対し, 道路利用者は道路のパフォーマンスだけに注目する点である.

MCI の見直しに係る検討と並行して, 路面に対する要求性能すなわち機能の観点からの路

面特性とその評価に関する研究も行われている(瀬尾と池原, 2001). 沿道住民や道路利用者の視点で舗装を評価し管理することの必要性はその後にも認識されており, 例えば道路利用者が道路に求める安全性にとって重要な路面特性が縦断凹凸, わだち掘れ, 段差, ポットホール, すべり抵抗であることも明らかにされている(日本道路建設業協会, 2005). しかしながら, 国民ニーズの多様化等の背景の下で顧客志向の道路管理を行うために不可欠な, 機能の観点からの評価方法が提案されるには至っていない. すなわち特定の機能に関し, MCI に代えて適用できる指標が存在せず, 影響を与える路面特性の水準を路面特性間で比較する手段も存在しない.

本研究で従来の評価の枠組と指標を否定する意図はない. 機能の観点からの業績評価という必要性に対応するために, 従来の路面特性に係る指標間の比較可能性を確保するとともに, 機能の観点から開発されたものではない MCI を補完する指標を開発することで道路管理者の説明責任を支援するものである.

### (3) マネジメントサイクルの既存モデル

近年, 全国の行政機関は成果主義を推進し説明責任を重視してきた. これら行政の改革が目指してきた効率性と透明性の向上は道路維持管理の分野でも求められている. このため多くの道路管理者は, 目標の設定と計画の策定(Plan), 業務の実施(Do), 目標達成度の評価(Check), 目標と計画の見直し(Act)からなる Plan-Do-Check-Act cycle (以下, 「PDCA サイクル」という)をマネジメントサイクルとして活用している.

日本道路協会道路維持修繕委員会(2008)は, 個別事業におけるマネジメントサイクルの一連の流れにおいて, 図 2.1.4 に示すように道路資産を管理する上で事後評価をフィードバックする仕組みの導入が必要であるとしている. 評価のフィードバックには, 点検, 調査, 設計, 健全度評価, 劣化予測, 維持修繕, 機能改良等に対する, 蓄積データの分析による精度向上や技術革新に基づく新技術の採用等を行う工学的なフィードバックと, 計画策定に先立って実施された事業に対する新たなニーズの把握を行うためのマネジメント的なフィードバックがある. 工学的なフィードバックは技術的な性格を持ち, マネジメント的なフィードバックは施策的な性格を持ち合わせている.

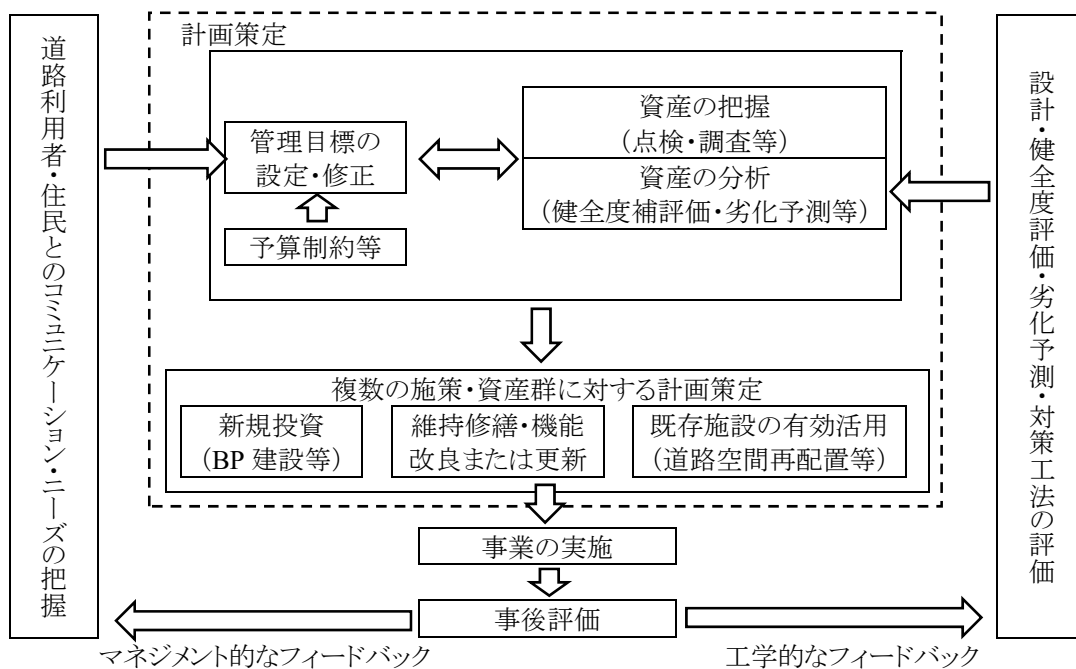


図 2.1.4 日本道路協会道路維持修繕委員会による個別事業における道路資産管理の流れ

松島(2016)は、舗装アセットマネジメントの継続的改善を目的とした京都モデルを紹介している。京都モデルは図 2.1.5 に示すように、日常点検や補修の記録などを格納するデータマネジメントシステムと日常的な舗装の維持管理業務のパフォーマンスを計測し改善するための評価ツールとしてのロジックモデルとから構成される。特徴は、意思決定の時間的視野の違いにより、1) あらかじめ決められた政策目標や技術基準の枠組みの中で行う日常管理業務、2) 日常管理業務全体を統括し政策目標の妥当性や技術基準の見直しを行うメタレベルの予算執行・状態管理マネジメントサイクル、3) 管理指標を用いた政策目標達成度を評価しロジックモデルの見直しを検討する戦略的(成長)マネジメントサイクル、の 3 つの階層に分類されることである。表 2.1.8 に示すように、京都モデルのアウトプットは予算計画、年間補修計画、事後評価に係るものである。

両モデルともに事後評価を重視しており、年間計画以上の長期の計画的維持を対象としている。本研究で予防的維持とともに対象とする対症的維持は道路管理者が行う日常点検あるいは道路利用者からの通報により維持管理ニーズが認知されるものであり、両モデルは、その分析モデルとしては不適當である。

路上落下物、路面の変状や損壊、道路付帯施設の破損・損壊等の路上障害物の早期発見のための道路巡回についての研究は進められているが(貝戸ら, 2007), 対症的維持の業務全体について通報という形での道路利用者の関与という特徴を踏まえ論じたものは著者の知る限り見当たらない。

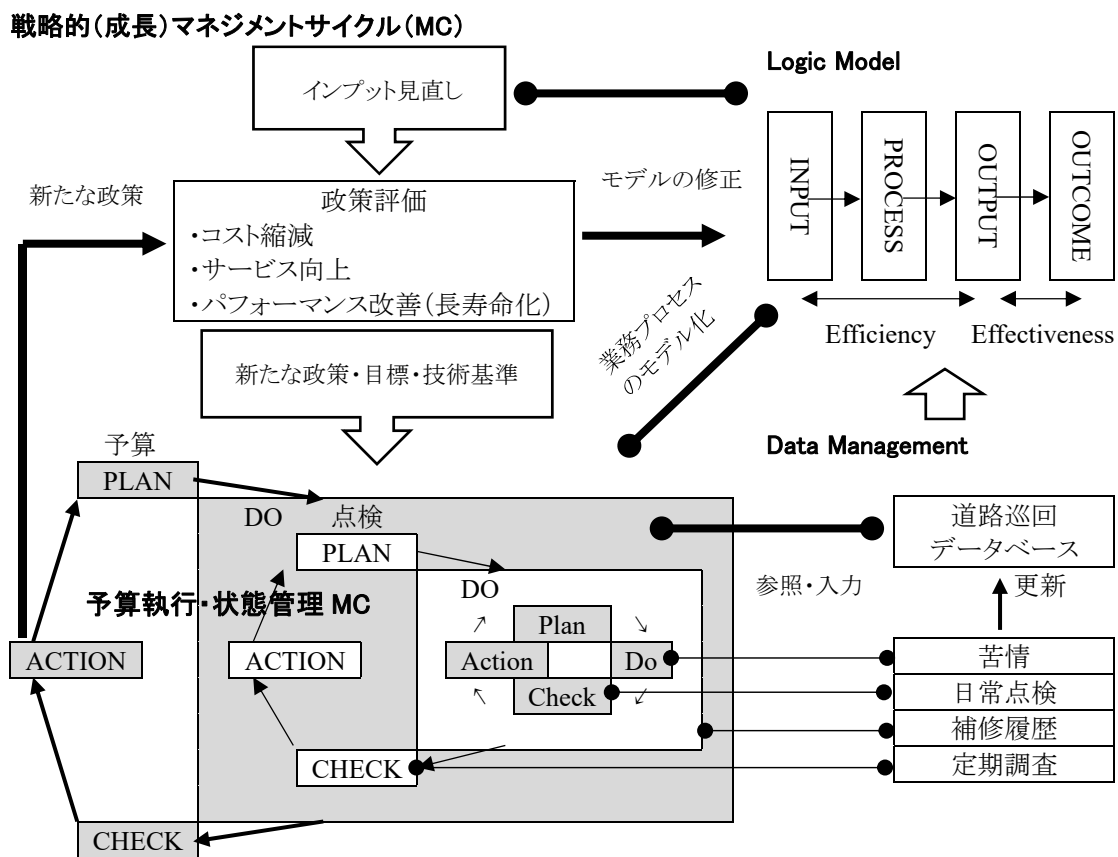


図 2.1.5 京都モデルの概要

表2.1.8 京都モデルのアウトプット

予算計画	中期的補修費用, 舗装サービス水準
年間補修計画	補修候補区間の抽出, FWD調査必要区間の抽出, 最適補修工法選択
事後評価	劣化パフォーマンス評価, 計画と実績との比較, 年次報告書作成

## 2.2 道路利用者と道路の接点となる施設の基本的な考え方

### 2.2.1 道路利用者と道路の接点となる施設の定義と要件

運転や歩行等の道路利用は基本的に道路からの情報の上に成立しており、道路利用者はこの情報に対応することにより安全で円滑な移動が可能となる。この情報は、多くは視覚情報であるが、様々なサービスとして道路施設から提供される。本研究では、道路利用に必要となるサービスを道路利用者に提供する道路施設を、道路利用者と道路の接点となる施設 (Human-Road Interface Facilities: HRIF) と呼ぶ。

HRIF の要件は、道路利用者が施設の状態とサービスを知覚でき、その維持管理ニーズがわかりやすいことである。表 2.2.1 に示すように、道路法第 2 条は道路施設として道路本体、構造物および附属物を規定している。本研究では、道路本体として路面およびそれを提供する舗装に注目する。図 2.2.1 に示すように、道路利用者の通行の場である路面は表層の上面であり、基層以深の部分は道路利用者から視認できない。このように舗装の基層、路盤および橋、トンネル等の構造物は HRIF の要件を満たさない。HRIF の種類(以下、「工種」という)は、路面(表層)および附属物となる。多工種の HRIF については、構造と幾何学的配列が工種により異なることに留意する必要がある。構造は面状、線状、面状部材と支柱の複合構造に分類され、幾何学的配列は連続線状、不連続線状、点状配列に分類される。表 2.2.2 に示すように、舗装および防護柵、道路標識、区画線でこの 3 構造と 3 配列を網羅していることから、附属物を防護柵、道路標識、区画線により例示することとした。

表 2.2.1 道路法第 2 条

(用語の定義)
第二条 この法律において「道路」とは、一般交通の用に供する道で次条各号に掲げるものをいい、トンネル、橋、渡船施設、道路用エレベーター等道路と一体となつてその効用を全うする施設又は工作物及び道路の附属物で当該道路に附属して設けられているものを含むものとする。
2 この法律において「道路の附属物」とは、道路の構造の保全、安全かつ円滑な道路の交通の確保その他道路の管理上必要な施設又は工作物で、次に掲げるものをいう。
一 道路上のさく又は駒止
二 道路上の並木又は街灯で第十八条第一項に規定する道路管理者の設けるもの
三 道路標識、道路元標又は里程標
四 道路情報管理施設(道路上の道路情報提供装置、車両監視装置、気象観測装置、緊急連絡施設その他これらに類するものをいう。)
五 道路に接する道路の維持又は修繕に用いる機械、器具又は材料の常置場
六 自動車駐車場又は自転車駐車場で道路上に、又は道路に接して第十八条第一項に規定する道路管理者が設けるもの
七 共同溝の整備等に関する特別措置法(昭和三十八年法律第八十一号)第三条第一項の規定による共同溝整備道路又は電線共同溝の整備等に関する特別措置法(平成七年法律第三十九号)第四条第二項に規定する電線共同溝整備道路に第十八条第一項に規定する道路管理者の設ける共同溝又は電線共同溝
八 前各号に掲げるものを除くほか、政令で定めるもの(後略)

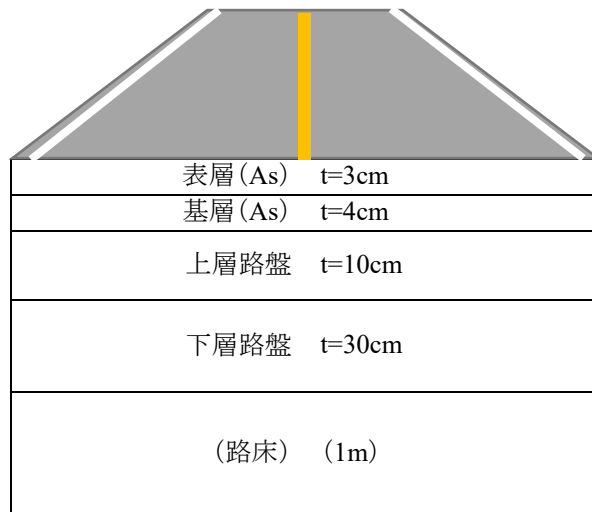


図2.2.1 県道の舗装構成例

表 2.2.2 工種, 構造, 幾何学的配列の多様性

資産区分	工種	構造	幾何学的配列
舗装	アスファルト舗装 (コンクリート舗装)	面状	連続線状
附属物	防護柵	面状部材と支柱の複合構造	不連続線状
	道路標識		点状
	区画線	線状	連続線状

本研究では、社会的課題の水準すなわち最終アウトカムが道路の外部要因の影響を受けるとい道路交通に係る他律性を排し、外部要因の影響を受けない、すなわち帰属の検証が可能で実施主体が管理できる要因による自律的評価を目指している。したがって、道路法第32条が規定する電柱、電線、マンホール等の占用工作物は検討の対象としていない。

最終アウトカムが道路の外部要因の影響を受けることについては、交通事故を例にとるとわかりやすい。交通事故の要因は多岐にわたり、またそれぞれの要因が複雑に影響し合うため、その原因の特定は困難である。平成23年度から平成27年度を計画期間とする第9次交通安全基本計画(内閣府, 2011)の道路交通の安全に係る対策の柱は、1) 道路交通環境の整備、2) 交通安全思想の普及徹底、3) 安全運転の確保、4) 車両の安全性の確保、5) 道路交通秩序の維持、6) 救助・救急活動の充実、7) 損害賠償の適正化を始めとした被害者支援の推進、8) 研究開発及び調査研究の充実とされている。このうち、道路管理者が講じることができる施策は道路交通環境の整備だけである。



## 2.2.2 道路利用者と道路および道路管理者との関わり

本研究の主題は舗装に代表されるHRIFに係る維持管理の効率化であり、事業実施効果の向上と業務執行効率の向上の2通りのアプローチが必要となる。HRIFは道路利用者が施設の状態とサービスを知覚でき、その維持管理ニーズがわかりやすいものであるため、維持管理の効率化の検討にあたっては道路利用者の視点が不可欠となる。図2.2.2に示すように、市民には道路利用者と納税者の2つの側面がある。さらに道路施設の損傷に遭遇した道路利用者は道路管理者へ通報し対応を求める通報者ともなり得る。道路利用者と通報者は、道路管理費用を負担する納税者の側面も併せ持つため、道路のパフォーマンスだけでなく道路管理者のパフォーマンスにも敏感である。事業実施効果の向上を目指すのであれば道路のパフォーマンスの観点からの維持管理ニーズの適切な評価が必要である。また、業務執行効率の向上を目指すのであれば道路管理者のパフォーマンスの観点からの維持管理業務の進め方の改善が必要である。

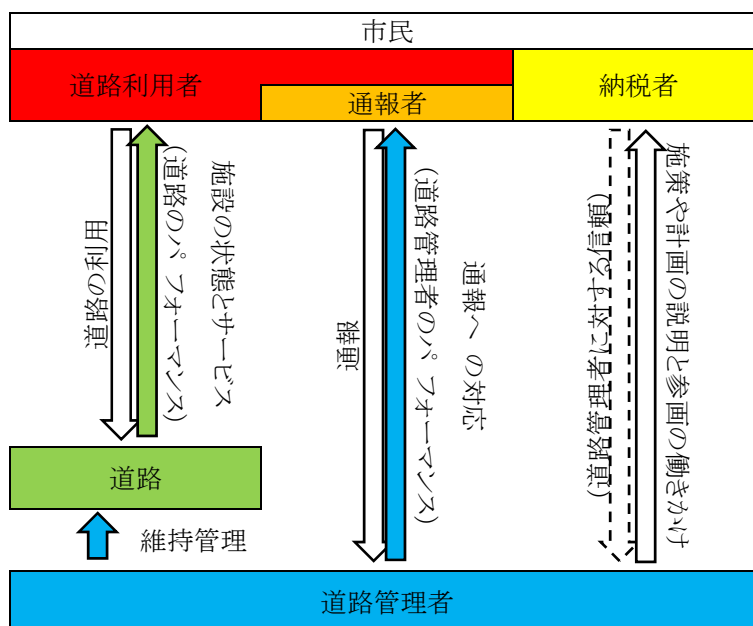


図 2.2.2 道路利用者と道路および道路管理者との関わり

越水ら(2006)によれば、道路行政に限らず一般的に、市民が意見を表明する機会が限られている状況において、行政が市民との信頼関係を築くためには、行政自身によって信頼性改善の努力を果たすことが不可欠となる。市民の要望に対する行政の対応の概念は、行政改革における中核的概念の一つであり、顧客である市民の満足度を高めることが重要視される。しかし、専門的知識を有する行政とそのような知識を持ち合わせていない市民は、それぞれ異なる概念を用いてインフラの特性を認識している可能性がある。すなわち、市民が日常感覚で理解するインフラの特性と、プロフェッショナルとしての行政が技術的な用語を用いて説明するインフラの特性との間には大きなギャップが存在する。一般の利害関係者は技術的判断の厳

密性よりも、自分の関心にとって有用であるか、技術的な判断が常識的な内容であるかという技術的判断の適切性を問題とする。

道路利用者は、実際の交通サービス提供の場である舗装の性能およびその変化については敏感である。舗装は経年的に供用性状が低下するので、道路利用者の安全と快適のため、適切な時期を選びその状況に応じた維持修繕が必要となることもわかりやすい。同様に、道路管理者が構造物として認識することも少ない防護柵、道路標識、区画線等の附属物は、道路利用時に注視する対象であるため、その不備や不調については敏感である (TRB, 2007)。これに対し、構造物としてのトンネルと橋梁については、その維持管理が重要であることは理解しているが、トンネル覆工のひび割れ・変形・漏水、橋梁を構成する多くの部材の腐食・劣化等、構造物の損傷の状況およびその進行については実感しようがない。

表 2.2.3 に米国連邦道路庁 (FHWA) (2005) による舗装の維持修繕の区分と実施目的を示す。小規模修繕、予防的維持および日常的維持が予防保全に相当し、対症的維持が事後保全に相当する。対症的維持は海外では **Responsive Maintenance** あるいは **Reactive Maintenance** と称され、「故障した施設の修繕、交換および安全かつ正常な状態への復旧であり、原則として、予定されたものでなく、不測の故障あるいは損傷への対応」と定義されている (WISDOT, 2004)。日本においても、道路管理者が行う日常点検あるいは道路利用者からの通報により維持管理ニーズが認知され、補修閾値を超えた施設に対する供用性回復が日常的に実施されている。

表 2.2.3 米国連邦道路庁による舗装の維持修繕の区分と実施目的

効果 区分	強度 向上	劣化 抑制	供用性 回復	実施目的
大規模修繕	×	×	×	低下した強度を向上させる。
小規模修繕		×	×	良好な状態を保護する。損傷が軽微な内に、劣化抑制あるいは供用性回復を行う。
予防的維持		×	×	
日常的維持			×	故障・損傷等を修復する。
対症的維持			×	

大規模修繕は「悪い箇所から工事している」と好意的に受け取られやすいが、本来の目的である強度の向上が市民の確認できない部分を対象とする場合には「壊れていない部分まで工事している」という印象を与えかねない。予防保全は「壊れる前に工事している」という印象を与えやすく、LCC の観点から大規模修繕を実施するまで計画的に管理される区間と比較された場合には、優先順位の公平性に疑問を持たれかねない。道路管理者が市民と継続的で偏りのない関係を持ち続けることで、道路維持の課題が明らかにされるとともに計画的維持に対する理解が深まるとの指摘があるが (TRB, 1991; TRB, 2004a)。現実の道路管理に市民が関与する機会は少ない。これに対し、対症的維持は道路管理者の視点 (実施目的) と市民の視点 (印象) に齟齬をきたしておらず、市民に最も抵抗なく受け入れられる維持管理行為であるといえる。

国土交通省道路局(2005)では2002年に市民参画型道路計画プロセスのガイドラインをとりまとめ、2005年に構想段階を視野に入れた改訂を行ったが、範囲と時期を限定することなく継続的に実施されるのが市民と行政のコミュニケーションの本来の姿である。計画段階におけるパブリックインボルブメント(PI)の機能や効果については多くの観点から期待がされているが、そのひとつである信頼関係の構築については泊ら(2010)をはじめ多くの研究者が言及している。一方、実施主体と市民の間の信頼関係は市民参画の前提でもあり、その構築には一般的に長い時間を要することを考慮すれば、将来のPIを成功に導くためにも道路行政には継続的な努力が求められることになる。Wang and Van Wart(2007)は、行政が市民との合意内容を履行しパフォーマンスが向上した時に市民の信頼を得られることを指摘した。維持管理段階において市民はサービスの質を実感することができる。道路行政がパフォーマンスの改善について市民に対し証明できる場が維持管理段階である。

### 2.2.3 機能の観点からの維持管理

HRIFの維持管理の目的は、HRIFの機能に対応したアウトカムの向上である。したがって、HRIFに係る維持管理ニーズはHRIFの機能の観点から評価する必要がある。道路法第2条第2項が「道路の附属物とは、道路の構造の保全、安全かつ円滑な道路の交通の確保その他道路の管理上必要な施設又は工作物」と規定していることから、本研究では、HRIFの機能を「安全、快適、保全、環境」とする。アウトカムとは本質的な成果あるいは実際に社会に与えた影響を意味する。評価にあたっては、HRIFの多機能性、工種・特性の多種性、それらのアウトカムに対する複合的効果を考慮する必要がある。

なお、本研究におけるHRIFの機能に相当するものに対して、以下に述べるように、他の研究事例や実践事例においては様々な用語があてられている。すなわち、道路ネットワークに求める機能、道路の機能に対応した性能、業績測定の目的、施設パフォーマンスの重要な側面、道路資産のパフォーマンスである。

道路計画設計の観点からは、中山(2011)は道路利用者が道路ネットワークに求める機能(要求機能)として随意性、速達性、安心・快適性の3つを考えた。中村と大口(2011)は、本来その道路に求められるはずのトラフィック機能やアクセス機能に対応した望ましい性能を実現するという観点から、道路交通の性能の概念には旅行速度などの走行性だけでなく、安全性、環境の負荷などの道路交通の基本的な要素が含まれることとした。その上で、道路交通の本質的な目的は移動をするということであり安全性の確保は前提条件、環境負荷の抑制は制約条件であると考え、性能向上を各種条件の下での走行性の最大化に帰着させた。一般的に、道路の機能とは交通機能、土地利用誘導機能、空間機能の3つを指す。交通機能は更に、交通主体への通行サービスを提供するトラフィック機能と沿道の土地、建物、施設への出入りサービスを提供するアクセス機能に分けられる。土地利用誘導機能はアクセス機能の間接効果であるが、新たな市街地形成などに大きな役割を果たす。空間機能としては、避難路、火災延焼防止遮断区間などの防災空間、採光・通風、遊び場などの生活環境空間、ライフライン、

地下鉄等の公共公益施設の収容空間を提供する。

道路管理における業績測定の目的からは、カナダ交通協会(TAC)(2006)が米国、欧州、豪州のパフォーマンス指標の区分を調査し、システムの状態と保全、安全、アクセシビリティ、モビリティの4つについては共通していることを明らかにした。その上で、カナダ交通省(Transport Canada)に対しアウトカムとして安全、システムの保全、持続可能性と環境、費用効果(Cost effectiveness)、信頼性、モビリティとアクセシビリティの6つを提案した。EU(2008)は、舗装パフォーマンスの重要な側面を表す複合パフォーマンス指数を開発した。それらは、道路利用者と道路管理者に関連する安全、快適、構造、環境の4つを対象とした。その目的は、道路資産のパフォーマンスに対する舗装の構造と状態の貢献を明らかにすることであった。道路の安全、快適、環境負荷は多くの外部要因の影響を受けることから、全般的指数を得ることを意図したものではなく舗装だけを取り扱った。

道路管理の分野では従前より、道路利用者および沿道住民を志向したアウトカム指標による目標が設定され手段が検討されてきた。例えば、安全の観点から事故件数や事故率をアウトカム指標とし、道路改良や交通安全施設(防護柵、道路標識、区画線等)の設置等の交通事故対策を講じてきた。また、環境の観点から騒音レベルをアウトカム指標とし、低騒音舗装や遮音壁の設置等の交通騒音対策が進められてきた。道路管理者が必ずしも統制できない外部要因の影響を受けることを認識しつつも、多種多様な道路施設の複合的效果に着目し、最大のアウトカムの獲得を目指している。道路施設の設置において重視された機能の観点と多種多様な道路施設の複合的效果は、当該施設の維持管理においても重視されているであろうか。効率的な維持管理のためには道路施設の複合的效果を軽視できない。

指標には定量的な *measure* と定性的な *indicator* がある。*performance measure/indicator* はパフォーマンス指標、業績(評価)指標、性能(評価)指標等に訳される。本研究では、指標や基準の語を修飾する *performance* にパフォーマンスの訳をあてることを基本とし、政策評価の分野で一般化された業績測定(*performance measurement*)等を除き業績の訳を用いない。なお、国土交通省の中心的な評価方式である政策チェックアップ(実績評価方式)では施策目標ごとに業績指標とその目標値を設定し定期的に業績を測定することとされており(国土交通省、2012)、本研究もこれによる。また、2001年の「舗装の構造に関する技術基準について」(平成13年国土交通省都市・地域整備局長、道路局長通知)では性能指標の語が用いられており(日本道路協会、2001)、本研究では性能規定に係るものには必要に応じ性能指標および性能基準の語を用いる。

## 2.3 前節までのまとめと本研究の方法論

### 2.3.1 前節までのまとめ

2.1 節では、施設管理の現状を明らかにした。

日本における舗装の延長と事業費の推移をみると、1970 年代後半から舗装新設費は減少を続けており、1990 年代前半には舗装補修費も減少に転じた。舗装道路の 8 割は財政基盤が比較的弱い市町村が管理する市町村道である。財政基盤が比較的強い国においても、修繕工法に代わり維持工法を組み合わせる補修を予防的修繕として導入したように、舗装の効率的な管理は重要な課題のひとつとなっている。地方自治体では、排水性舗装の本格的な普及に伴い頻繁に発生しているポットホールや剥離に起因する車両損害および交通事故に係る賠償請求も起きている。

英国の地方道において見られるポットホールの多発、対症的維持の増大、予防的維持の停滞の悪循環は、日本にとって望ましくないシナリオのひとつである。「より少ないカネでより多くをなせ (Do more with less)」という課題を突き付けられている日本の舗装管理には、業務執行効率の向上のために、業務執行段階における業務手順の改善が急務である。

2013 年に改正された道路法第 42 条は、道路の修繕を効率的に行うための点検を義務化した。これを受け、施設の特性を踏まえた合理的な点検の方針として、橋梁、トンネル等についての状態監視保全と舗装、照明柱等についての更新年数に基づく予防保全が打ち出された。このことは構造物に係る維持管理費用の増加を意味しており、舗装の維持管理に係る予算制約はさらに激化すると予想される。構造物とでは維持管理に係る時間的視野が異なる舗装について、予防保全とは別の観点からの合理化の検討が必要である。

予算制約の激化により全ての維持管理ニーズへの対応が不可能となる事態も想定される。事業実施効果の向上のために、計画策定段階における維持管理ニーズの適切な評価と箇所選定が急務である。

実施事業の優先順位付けについては道路利用者の視点と機能の観点からなされる必要がある。しかしながら、舗装については、国民ニーズの多様化等の背景の下で顧客志向の道路管理を行うために不可欠な、機能の観点からの評価方法が提案されるには至っていない。すなわち特定の機能に関し、維持管理指数 (Maintenance Control Index: MCI) に代えて適用できる指標が存在せず、影響を与える路面特性の水準を路面特性間で比較する手段も存在しない。従来の路面特性に係る指標間の比較可能性を確保するとともに、機能の観点から開発されたものではない MCI を補完する指標を開発する必要がある。

マネジメントサイクルに係る既往研究を見渡しても、道路管理者が行う日常点検あるいは道路利用者からの通報により維持管理ニーズが認知される対症的維持の分析モデルとして適当な基本モデルは提案されていない。対症的維持の業務全体について通報という形での道路利用者の関与という特徴を踏まえ論じたものも見当たらない。

2.2 節では、道路利用者と道路の接点となる施設の基本的な考え方について整理した。

本研究では、道路利用に必要となるサービスを道路利用者に提供する道路施設を、道路利用者と道路の接点となる施設 (Human-Road Interface Facilities: HRIF) と呼ぶ。HRIF の要件は、道路利用者が施設の状態とサービスを知覚でき、その維持管理ニーズがわかりやすいことである。HRIF の種類(以下、「工種」という)は、路面(表層)および防護柵、道路標識、区画線等の附属物となる。

本研究の主題は舗装に代表されるHRIFに係る維持管理の効率化であり、事業実施効果の向上と業務執行効率の向上の2通りのアプローチが必要となる。HRIFは道路利用者が施設の状態とサービスを知覚でき、その維持管理ニーズがわかりやすいものであるため、維持管理の効率化の検討にあたっては道路利用者の視点が不可欠となる。市民には道路利用者と納税者の2つの側面がある。さらに道路施設の損傷に遭遇した道路利用者は道路管理者へ通報し対応を求める通報者ともなり得る。道路利用者と通報者は、道路管理費用を負担する納税者の側面も併せ持つため、道路のパフォーマンスだけでなく道路管理者のパフォーマンスにも敏感である。事業実施効果の向上を目指すのであれば道路のパフォーマンスの観点からの維持管理ニーズの適切な評価が必要である。また、業務執行効率の向上を目指すのであれば道路管理者のパフォーマンスの観点からの維持管理業務の進め方の改善が必要である。

HRIFの維持管理の目的は、HRIFの機能に対応したアウトカムの向上である。したがって、HRIFに係る維持管理ニーズはHRIFの機能の観点から評価する必要がある。道路法第2条第2項が「道路の附属物とは、道路の構造の保全、安全かつ円滑な道路の交通の確保その他道路の管理上必要な施設又は工作物」と規定していることから、本研究では、HRIFの機能を「安全、快適、保全、環境」とする。アウトカムとは本質的な成果あるいは実際に社会に与えた影響を意味する。評価にあたっては、HRIFの多機能性、工種・特性の多様性、それらのアウトカムに対する複合的効果を考慮する必要がある。

### 2.3.2 本研究の方法論

本研究の目的は、業務執行段階に着目し業務執行効率の向上に資する業務手順の見直しを提案すること、および計画策定段階に着目し事業実施効果の向上に資する優先順位付けを提案することである。本研究の対象は、構造物としてではなく道路利用者にサービスを提供する施設としての舗装である。

前節までに明らかにしたように、道路利用に必要となるサービスを道路利用者に提供するHRIFの維持管理ニーズは道路利用者にわかりやすい。道路のパフォーマンスに不満を持つ道路利用者が道路管理者に通報し、その対応により道路管理者のパフォーマンスを評価する。道路管理者が行う日常点検あるいは道路利用者からの通報により維持管理ニーズが認知される対症的維持の必要性は高まっている。HRIFに係る維持管理ニーズはHRIFの機能である「安全、快適、保全、環境」の観点から評価する必要がある。評価にあたっては、HRIFの多機能性、工種・特性の多様性、それらのアウトカムに対する複合的効果を考慮する必要がある。

舗装については、従来の路面特性に係る指標間の比較可能性を確保するとともに、機能の観点から開発されたものではない複合指標である MCI を補完する指標を開発する必要がある。

HRIF としての舗装の維持管理の効率化を具体的かつ実践的に検討するために、本研究の方法論は、研究目的の達成のための研究テーマとしての具体化と、その研究テーマに係る論考の 2 ステップとなる。

第 3 章では、研究テーマの具体化のために、道路の維持管理に係る国際的な動向分析を行う。世界の潮流に乗り遅れることで日本の道路行政が世界から取り残されることのないよう、道路の維持管理に係る国際的な動向を踏まえる必要がある。動向分析にあたり、道路行政にも導入された実績評価が顧客志向、目的と手段の連鎖、情報公開と透明性の確保の 3 つの重要性を強調していることに着目する。新公共経営におけるパフォーマンス指標、業績評価における複合的評価、道路管理の効率化のための性能規定、および複合的評価のための複合指標の 4 分野で文献レビューを行う。新公共経営に関しては、その先進国として日本の道路行政が行政マネジメントの改革にあたり参考とした 3 カ国すなわち英国、ニュージーランド、米国を分析対象とする。

得られた知見に基づき、道路の維持管理に係るマネジメントサイクルを提案する。マネジメントサイクルは、本来、道路管理者の規模や組織構成および道路管理の方針等により多様なものとなるため、基本モデルとしての位置付けである。これらを踏まえ、本研究の目的を研究テーマとして具体化する。道路の維持管理には、中長期計画の策定、個別事業の実施等、空間的視野と時間的視野から様々な意思決定の場面が存在する。マネジメントサイクルの基本モデルに関連づけられた研究テーマにより、本研究の成果の適用と応用に関し、規模や組織構成および道路管理の方針等の事情が異なる多様な道路管理者による独自の判断が可能になると期待される。

第 4 章以降で、具体化された研究テーマに係る論考を行う。

## 参考文献

Akofio-Sowah, M., Boadi, R., Amekudzi, A. and Meyer, M.: Managing Ancillary Transportation Assets—The State of the Practice, *Journal of Infrastructure Systems*, Vol. 20, No. 1, 04013010, 2014.

Asphalt Industry Alliance (AIA) HP: ALARM (Annual Local Authority Road Maintenance) Survey, 2016. <http://www.asphaltindustryalliance.com/alarm-survey.asp>

EU: The way forward for pavement performance indicators across Europe, COST Action 354 Performance Indicators for Road Pavements, 2008.

FHWA: National Highway Performance Program (NHPP) Implementation Guidance, Memorandum, November 19, 2012.

FHWA: Pavement Preservation Definitions, Memorandum, 2005.

Transportation Association of Canada: Performance Measures for Road Networks: A Survey of Canadian Use, 2006.

Transportation Research Board: Short-Term Responsive Maintenance Systems, NCHRP Synthesis of Highway Practice 173, 1991.

Transportation Research Board: Public Benefits of Highway System Preservation and Maintenance, NCHRP Synthesis of Highway Practice 330, 2004a.

Transportation Research Board: Managing Selected Transportation Assets: Signals, Lighting, Signs, Pavement Markings, Culverts, and Sidewalks, NCHRP Synthesis 371, 2007.

Wang, X. and Van Wart, M.: When Public Participation in Administration Leads to Trust—An Empirical Assessment of Managers' Perceptions, *Public Administration Review*, Vol.67, No.2, pp.265–278, 2007.

Wisconsin DOT: Highway Maintenance Response Time Standards, V.2, Transportation Synthesis Report, 2004.

池田拓哉, 東嶋奈緒子: 道路管理者によるMCIの適合性の再評価, 舗装, Vol. 33, No. 7, pp. 16–19, 1998.

大西博文, 明嵐政司, 南里吉輝, 高木興一: 多孔質弾性舗装の自動車走行騒音低減効果, 騒音制御, Vol. 24, No. 1, pp. 68–76, 2000.

貝戸清之, 小林潔司, 加藤俊昌, 生田紀子: 道路施設の巡回頻度と障害物発生リスク, 土木学会論文集 F, Vol. 63, No. 1, pp.16-34, 2007.

梶尾聡, 中村秀三, 野田悦郎, 中原大磯: ポーラスコンクリート舗装の品質特性と供用性に関する報告, コンクリート工学, Vol. 42, No. 7, pp. 24–31, 2004.

久保和幸, 坂本康文, 加納孝志: 排水性舗装の適用条件に関する研究, 土木技術資料, Vol. 50, No. 7, pp. 28–31, 2008.

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34回建設省技術研究会報告, 1980.

建設省道路局国道課, 土木研究所舗装研究室: 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, 1997.

国土交通省道路局国道・防災課: 修繕候補区間の選定と同区間における工法選定の手引き



- (案), 平成 18 年 3 月, 2006a.
- 国土交通省:平成 17 年度道路行政の達成度報告書/平成 18 年度道路行政の業績計画書, 2006b.
- 国土交通省:政策評価, 国土交通省 HP, 2012.
- 国土交通省道路局:構想段階における市民参画型道路計画プロセスのガイドライン, 2005.
- 国土交通省道路局:サービス目標の設定と維持管理基準について, 第 4 回国道(国管理)の維持管理等に関する検討会資料 5, 2013a.
- 国土交通省道路局:総点検実施要領(案)【舗装編】, 平成 25 年 2 月, 2013b.
- 国土交通省道路局国道・防災課:舗装の調査要領(案), 平成 25 年 2 月, 2013.
- 国土交通省道路局:道路橋定期点検要領, 平成 26 年 6 月, 2014.
- 国土交通省道路局:道路統計年報, 2015.
- 国土交通省道路局:舗装点検要領, 平成 28 年 10 月, 2016.
- 越水一雄, 羽鳥剛史, 小林潔司: アカウンタビリティの構造と機能: 研究展望, 土木学会論文集 D, Vol.62, No.3, pp.304-323, 2006.
- 社会資本整備審議会道路分科会:道路の老朽化対策の本格実施に関する提言, 2014.
- 道路構造物の今後の管理・更新等のあり方に関する検討委員会:道路構造物の今後の管理・更新等のあり方, 国土交通省, 2003.
- 瀬尾卓也, 池原圭一:講座 路面の評価 安全性からみた路面の評価, 舗装, Vol. 36, No. 9, pp. 40-45, 2001.
- 玉越隆史, 大久保雅憲, 渡辺陽太:道路橋の計画的管理に関する調査研究—橋梁マネジメントシステム(BMS)—, 国土技術政策総合研究所資料第 523 号, 2009.
- 土木研究所:排水性舗装の破損特性に関する調査, 土木研究所資料第 4012 号, 2006.
- 泊尚志, 藤井拓朗, 矢嶋宏光, 屋井鉄雄:ガイドラインの運用に伴う PI の形骸化と運用時の留意事項の構造化, 土木学会論文集 D, Vol.66, No.2, pp.217-231, 2010.
- 内閣府:第 9 次交通安全基本計画, 内閣府 HP, 2011.
- 中村英樹, 大口敬:性能照査型道路計画設計の導入に向けて, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.67, No.3, pp.195-202, 2011.
- 中山晶一郎:道路の時間信頼性に関する研究レビュー, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.67, No.1, pp.95-114, 2011.
- 日本工業規格(JIS): Z 8115:2000 「ディペンダビリティ(信頼性)用語」, 2000.
- 日本道路協会:道路維持修繕要綱, 1978.
- 日本道路協会:舗装の構造に関する技術基準・同解説, 2001.
- 日本道路協会道路維持修繕委員会:道路資産管理の手引, 2008.
- 日本道路協会:舗装の維持修繕ガイドブック2013, 2013.
- 日本道路建設業協会:第13回道路技術シンポジウム 舗装の効率的な管理と更新, 2005.

藤田大二:道路に関する技術基準の現状と課題, 道路, No. 522, pp. 4-7, 1984.

舟橋弥生:直轄国道の舗装における「予防的修繕」工法の導入について, 舗装, Vol. 41, No. 10, pp. 22-26, 2006.

松島格也:京都モデルによる地方自治体における舗装マネジメントシステム, 舗装, Vol. 51, No. 4, pp. 14-17, 2016.

峰岸順一, 小林一雄, 上野慎一郎:低騒音舗装の破損実態と補修用常温混合物の室内評価法の検討, 平成19年度東京都土木技術センター年報, pp.67-78, 2007.

和泉公比古, 藤野陽三:首都高速道路ネットワークにおける維持管理の統合マネジメント, 土木学会論文集 F, Vol.65, No.3, pp.326-345, 2009.

## 第3章 道路の維持管理に係る動向分析と研究テーマの具体化

### 3.1 新公共経営におけるパフォーマンス指標

#### 3.1.1 英国におけるパフォーマンス指標の用途と要件

##### (1) 政策評価と業績測定の動向

1980年代後半から1990年代初頭にかけて保守党政権下で展開された古典的な新公共経営(New Public Management: NPM)は、公的部門に企業経営システムと同様の管理システムを導入しようとするものであった。行政面や財政面で多岐にわたる改革が試みられたが、競争原理と成果主義だけでなく、エージェンシー化あるいは地方自治体に対する権限委譲が推進されたように企画立案と実施執行の分離の考え方を見ることができる。1997年に誕生した労働党政権は、府省別に今後3年間に達成すべき目的、政策目標および業績目標を設定し、予算要求の根拠となる公的サービス合意(PSA)を財務省との間で形成することとした。PSAでは、国民生活と社会経済の改善を図るため、政策目標および業績目標はアウトカムベースで設定することとした。2004年、各府省は毎年度、1~3か年度を対象期間としてPSAで設定した業績目標を達成するために提供するアウトプットの内容、目標値等を設定した事業計画を作成することとされた。各府省は政策目標別にアウトカムの改善に要したコストを報告することとされていた。2010年、連立政権は労働党政権のPSAを廃止し、公的サービス透明性フレームワークを導入した。新たなフレームワークは、公的資金が効率的、効果的に使われているかどうかを国民自らが判断するために必要な業績情報および財務情報を提供するという方針の下で制度設計されている。府省別に作成することが義務付けられた事業計画には、インプットに関する指標と政策目標のインパクトに関する指標が設定されている。インプット指標の多くはアウトプット1単位当たりの提供に要するコストであり、公共事業の場合は道路1マイルあたりの維持に要するコストとなっている。また、各府省は主要な政策に関してインプット、行政活動、アウトプット、アウトカムの関係を明確にしたロジックモデルを事前に設計することが望ましいとされた(東, 2012)。なお、「企画と実施の分離」という表現が日本の行政改革に係る文献等に見られる(飯尾, 2008; 田中, 2013)。

1992年の地方政府法により、地方自治体に対し毎年の活動内容を公表させることが地方政府の義務となった。費用、経済、効率、効果の視点から地方横断的あるいは時系列的な比較を目的としたものであり、2003年にはベストバリューと共同体計画の視点が追加された(Audit Scotland, 2012)。地方横断的な比較を可能とするため地方政府は法定パフォーマンス指標(Statutory Performance Indicators: SPI)を定めた。例えば道路と照明に用いられる指標は、維持的処置を考慮すべき車道の道路種別別割合である(Highland Council, 2010)(UK, 2008)。ベストバリュー制度で定義される近代的な自治体とは、ベストとの比較に耐えうるサービスの供給に努める自治体であり、サービスの質とコストの双方において継続的な改善を行う自治体である。ベストバリュー制度では、行政サービスの現状に関する評価がベストバリュー指標と自治

体パフォーマンス指標の2種類の指標に基づいて行われる。前者は政府が国政上の関心を有するものについて設定し、すべての自治体が公開を求められていることから自治体間の比較と序列付けが可能となる。後者は地域のニーズに対応するための重要な指標として、各自治体によって地域の優先課題や地域特性を反映して選定することが認められている。個々のサービスに対する評価だけでは組織の全般的な業績を測定することはできないとして、バランス・スコアカード方式により組織の能力に対する評価を加えた包括的業績評価も導入された(山田, 2006)。業績情報の検証については、地方自治体が作成した業績情報それ自体を検証するというよりも、地方自治体の体制が健全であることについて検証することによって当該情報の正確性を保証するという検証方法である(石川, 2004)。

## (2) 主要な幹線道路の維持管理

イングランドにおける高速道路と幹線道路は、Design Build Finance and Operate (DBFO)契約や Private Finance Initiative (PFI)契約による一部の区間を除き、道路庁(Highways Agency: HA)と民間企業との間の Managing Agent Contractors (MAC) 契約により管理されている。MAC 契約における品質マネジメントの中核は、国際標準である ISO9001 と ISO9004 に則ったプロセス・アプローチによる、パフォーマンスに基づく継続的改善である(HA, 2009a)。受注者は道路庁の目的と重要パフォーマンス指標(Key Performance Indicators: KPIs)に沿った品質マネジメントシステムを開発し実行しており、出来高の確定も支払いも自己保証に基づいている(Ardrey and McDermott, 2009)。道路庁は、道路利用者にサービスを提供する維持管理業務の受注者だけでなく、当該受注者に製品やサービスを提供する企業も含めたサプライチェーン全体に対し、継続的改善と無駄のないマネジメントを要求している。無駄の有無を成熟度という概念で示して、その水準を判定したり向上を図ったりするために、毎年ベストプラクティスが最高得点と具体的事例とともに公表されている。会計面での改善が重視されており、受注者による自己保証を信頼できるものとするための適切な契約を前提としている(HA, 2012a) (HA, 2012b)。

受注者が達成すべきサービスの水準はパフォーマンス仕様書である「日常的維持と冬期維持に関する規約」(HA, 2009b)に定義されている。この中で、すべての施設に対して、道路利用者の視点による定量的アウトカムが要求事項として規定されている。要求事項ごとに欠陥が確認された場合の危険を軽減する期限と永久的修復を実施する期限が定められている。舗装に関する要求事項は障害物がないこと、許容値を逸脱する欠陥(ポットホール、ひび割れ、わだち、凹凸等)がないこと、グレーチング等に欠陥がないこと、危険な滞水がないこと、端部等に欠陥がないこと、路面を滑りやすくする物質がないことである。防護柵に関する要求事項は所期の性能を妨げる欠陥がないことである。区画線の要求事項は設計時の要求事項を満足することである。道路標識の要求事項は設計時に要求されたとおりに視認性があること、欠陥がないこと、障害物がないことである。

HA (2009a)はプロセスとアウトカムあるいは目的をつなぐものを手段と呼んでいる。これはサ

ービス提供者の管理下にあるものを指し、一般的にアウトプットと呼ばれるものに相当する。例えば、目的の一つである安全性の改善に対しては、道路利用者の安全、作業員の安全、ネットワークの維持の3つの観点から、施設状態の維持、技術基準の維持等の定性的な手段が規定されている。

### (3) 地方道の維持管理

2011年にスコットランド会計検査院(Audit Scotland)(2011)は、近年の道路状態の悪化と残事業量の増加を指摘し、主要路線の優先順位付けとサービスの再設計を含む、道路網の維持管理に関する全国の見直しを政府に求める報告書を公表した。この報告書を受け、幹線道路を管理するスコットランド交通省(Transport Scotland)(2012)および非幹線道路を管理する地方自治体ならびに道路建設業協会は共同で業務の見直しを行い、改革、協働、分業のための戦略的枠組と戦術をとりまとめた。アウトカムに着目したベンチマーキングと重要パフォーマンス指標による業績の例示という戦略と全自治体による重要パフォーマンス指標の共有という戦術も盛り込まれている。全自治体が共有する重要パフォーマンス指標は、維持的処置を考慮すべき車道の割合、48時間以内に修理された道路照明の割合、7日以内に修理された街灯の割合、30年を越えた照明柱の割合等である(Highland Council, 2012),(Shetland Islands Council, 2010)。

#### 3.1.2 ニュージーランドにおけるパフォーマンス指標の用途と要件

##### (1) 道路管理の基本計画

ニュージーランドの国道を管理する交通庁(New Zealand Transport Agency)(2011)は、道路管理に関する行政目標と日常業務をつなぐものとして国道アセットマネジメント計画を策定している。当該計画は、すべての道路施設の維持管理だけでなく改廃も対象としており、事業実施の透明性と効率性の向上を図るため、道路管理のバリューとして、より安全な旅行、効率的で信頼できる旅行、社会と環境への責任、バリュー・フォー・マネーの4つを掲げている。前3者については複数の項目ごとに、顧客満足度による期待値、現状値、10年後の目標値を公開している。バリュー・フォー・マネーについては走行台キロあたりの費用あるいは道路延長あたりの費用を指標として、時系列的ベンチマーキングおよび地方自治体との横断面的ベンチマーキングにより達成度を説明している。

維持管理は道路網の信頼性、安全性、運転者の快適性の3つの領域で評価される。3領域すべてに関係する舗装に関しては、信頼性の指標として延長あたりの欠陥の数を表す路面状態指数とわだち深さが許容値を超える延長割合、安全性の指標として滑り抵抗と粗さ、快適性の指標として平坦性を選定し、これらの全国平均値の経年変化を公表している。劣化モデルを有する唯一の施設である舗装については材齢と各種損傷の発生割合から決まる路面統合指数(Fawcett et al., 2001)を指標として、将来の予算制約の下での施設状態の推移を予測している。さらに財源が不足する場合には植樹帯、区画線、道路標識、滑り抵抗等の管理

水準を下げざるを得ないことを警告している。

各地の出先機関により実施される事業が効率的に所要の品質を確保できるよう、交通庁は基準、仕様書、指針等のマネジメントツールを整備している。

## (2) 性能規定型の維持管理契約

国道では、1998年に契約期間を10年とした性能規定型の維持管理契約(Performance-Specified Maintenance Contract: PSMC)が採用された。この契約方式では多数のパフォーマンス指標が規定され、受注者は当該規定を満足するよう維持管理する責任を有する(Hyman, 2009)。契約の仕様書(Transit New Zealand, 2003)には3種類のパフォーマンス指標が存在する。マネジメントパフォーマンス指標は報告、管理計画等の契約管理および表層設計等の業務提供に関する契約標準と期限を規定する。重要パフォーマンス指標は主要な施設である舗装の状態に関するもので、毎年度末の測定と報告が義務である。平坦性、粗さ、わだち、滑り抵抗、FWDによる構造状態指数について初年度をベースラインとするベンチマーキングを行う。オペレーションパフォーマンス指標は道路網の供用性に関する道路利用者の期待を反映している。受注者が遵守すべき契約標準とレスポンスタイムが舗装(ポットホール、粗さ、凹凸、端部損壊、わだち等)、路肩(段差、わだち、ポットホール等)、排水施設、橋梁、小規模構造物、植樹帯、道路標識(植物埋没、視認性、再帰反射性、傾き、消失等)、区画線(消失、夜間視認性、反射性等)、防護柵(植物埋没、視認性、消失等)、照明、休憩施設、岩屑、清掃、事故対応について規定されている。当該契約の下で、施設状態の改善と同時に交通事故件数の減少が確認された。この経験から、通常は改良事業の採択基準として用いられる社会的費用に基づく指数を評価指標として追加し、10年間で半減することを目標とした契約も現れた(Manion and Tighe, 2007)(Agar, 2011)。

2002年、国道122kmと地方自治体(Western Bay of Plenty District Council)(2002)管理の軽交通道路1,040kmの維持管理を一括して委託する契約期間10年のPSMCが開始された。契約の仕様書において3種類のパフォーマンス指標を用いる点は国道単独のPSMCと同様である。重要パフォーマンス指標は主要な施設である舗装、補助的な施設である橋梁、排水施設、小規模構造物、照明、バス停、歩道、および道路網全体の安全性について最低限達成すべき契約標準を定めており、初年度をベースラインとするベンチマーキングが実施される。オペレーションパフォーマンス指標はすべての施設について日常的維持を実施するための契約標準とレスポンスタイムを規定している。

性能規定型のPSMCと仕様規定の混成型の契約方式も契約期間5年として1999年に導入されている。3種類のパフォーマンス指標を用いる点は従来のPSMCと同様である。施設の状態を維持するためにオペレーションパフォーマンス指標として規定された契約標準とレスポンスタイムに基づく日常的維持を実施し、快適性と安全性の観点でのサービス水準(Levels of Service: LOS)の推移を重要パフォーマンス指標で監視しつつ、必要に応じLOS適正化のための対策をとる(Gilbertson, 2003)。どちらの契約方式も維持管理契約でありながら施設の改

良や新設を含んでいる。事業の設計に関し、契約期間5年の混成型では道路管理者の関与が大きい。契約期間10年のPSMCではリスクを負担する期間が長くなるため受注者がマネジメントを主導する(Gransberg et al., 2010)。

### 3.1.3 米国におけるパフォーマンス指標の用途と要件

#### (1) パフォーマンス指標の代表的な活用メニュー

米国の諸州は、政治や経済の環境の違いから、道路管理のあり方も範囲と複雑性において様相を異にしている。厳しい財政状況を背景に効率的な行政運営を目指し早い時期から導入された業績評価についても、顧客の視点による効果と効率の向上および特定の計画における意志決定を目的としたものから、説明責任と透明性の確保のための組織内外とのコミュニケーションを目的としたものまで、多様な枠組が混在している(Bremmer et al., 2005)。

##### a) 維持管理の品質保証

1999年のStivers et al.(1999)による実施マニュアルは、維持活動を通して達成されたサービスのレベル(Levels of Services: LOS)を監視するための手順として、維持管理の品質保証(Maintenance Quality Assurance: MQA)を確立した。維持活動とLOSを関連づけたMQAを通して、不適切な活動の発見および使用材料や実施手順の改善が可能となる(Smith and Adams, 2005)。MQAは多くの州で採用され実際の維持活動において活用されている。例えば、ワシントン州のMAP(Maintenance Accountability Process)、モンタナ州のAMMO(Accountability for Montana's Maintenance Operations)、ウィスコンシン州のCompassである。MQAの枠組で用いられるアウトカム指標は諸州間で共通しているが、定義や測定方法が完全に一致しているわけではない(Adams and Smith, 2006)。

##### b) 業績報告

組織内外で絶えず最新のパフォーマンスを共有することで維持管理業務の説明責任と信頼性を向上させている。本部等の企画部局では、全域または出先機関ごと、地域ごとの平均のLOSが、必要に応じ道路種別別、施設別等に細分され報告される。出先機関等の実施部局では、維持資源の過不足を判断する目的から、地区別、施設別等のLOSが報告される。報告の様式は様々であるが、いくつかの州では成績表やデジタルダッシュボードをインターネット上に公開している(Zimmerman and Stivers, 2007)。デジタルダッシュボードは、各種データから重要パフォーマンス指標のような重要なものを抽出してひと目で分かるように視覚化したものであり、現状の要約と問題点の把握が可能となる。例えば、ワシントン州のMAPでは、車道、排水と斜面、路側と植樹帯、橋梁とトンネル、雪氷管理、交通安全施設、休憩施設の7項目29細目の目標LOSと毎年の抽出区間における実績LOSが公開されている(WSDOT, 2013)。バージニア州のダッシュボードでは、道路のパフォーマンスと道路管理者のパフォーマンスを公表している。前者では走行性、安全性、路面等が対象とされ、後者では事業の進捗度、市民満足度等が対象とされている。路面では路面状態と乗り心地のそれぞれについて良または

可と評価された延長割合が公開されている (VDOT, 2013).

### c) 性能規定型契約

プロセスとインプットを規定する仕様規定の下ではアウトカム指標とアウトプット指標が組み合わせて用いられていたが、仕様規定は減少の方向にあり、指標も顧客志向のアウトカム指標が増えている。プロセスとインプットを規定しない性能規定型維持管理契約では、道路施設が有すべき性能の基準を定義し、当該基準の達成度合いに基づいて支払いがなされる。性能規定型契約が多くの維持活動を対象とする場合、管理する指標の数も増えざるを得ない (Hyman, 2009)。テキサス州が1999年の性能規定型維持管理契約の導入に合わせ開発した評価プログラムのLOS評点システムは、MQAそのものである (Hyman, 2009)。2000年、コロンビア特別区の主要街路と高速道路のアセットマネジメントが区交通局と連邦道路庁 (FHWA) により計画され民間企業に一括発注された (FHWA, 2002)。

## (2) 指標共通化の動向

米国では、橋梁マネジメントシステムの運用を視野に入れて、橋梁の構造要素の状態を表す指標に関する研究が以前から進められていた。1995年に全州道路交通行政官協会 (AASHTO) の正式マニュアルとなった一般的に認められた (Commonly Recognized: CoRe) 構造要素基準では108の構造要素について、定義、測定単位、3から5段階の構造的状態の定義、各状態に応じた対策の選択肢が明記された。現在、40以上の州がCoReシステムに基づく要素レベルの点検を実施している (Thompson and Shepard, 2000)。近年では橋梁以外の施設の維持管理についても指標の共通化の必要性が認められている。指標の共通化の事例を以下に示す。また、これらの事例に関し、対象とする施設と特性を表3.1.1に示す。

表3.1.1 指標共通化の事例が対象とする施設と特性

年	施設	舗装								路肩		道路標識				区画線		防護柵		植樹帯		参考文献										
		平坦性	わだち	摩擦	ひび割れ	すれ	ポットホール	ブローアップ	健全度	総合的 LOS	端部の変動	材料の消失	総合的 LOS	機能性	再帰反射性	外観	施設の消失	レスポンスタイム	夜間の有効性	機能性	再帰反射性		外観	施設の消失	レスポンスタイム	機能性	機能性	外観	端末処理の機能性	植物の高さ	交通等の阻害	他施設等の視認性
2000	Scottsdale	*	*	*						*					*	*				*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	#1
2004	NCHRP Report 511	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	#1
2004	Madison-MQA*1	*	*		*	*	*			*				*	*	*			*	*	*		*		*	*	*	*	*	*	#2	
2008	Durham-MQA*1	*	*		*	*	*			*				*	*	*			*	*	*		*		*	*	*	*	*	*	#3	
2009	NCHRP Report 632*2	*										+					*			*	*										#4	
2010	NCHRP Report 677	*	*		*	*								*	*	*			*	*	*		*		*		*					#5

注) \*1: MQA専門家交流では諸州で使用中の指標が統合されたため、特に舗装と路肩に関しては表に示す以外のものが提示されたが、表中では簡単のため先行する2事例を母数とした。\*2: \*は必須の中核的指標、+は必要に応じ用いる包括的指標。

参考文献) #1 Hyman, 2004. #2 Adams and Smith, 2005; Adams and Smith, 2006. #3 Adams et al., 2009. #4 TRB, 2009. #5 TRB, 2010.



2000年にアリゾナ州スコッツデール(Scottsdale)において AASHTO 維持管理小委員会と FHWA が主催した、一般的に認められた維持管理指標に関する国内ワークショップでは、アウトカムを反映したものとして共通に用いる指標の素案について各州が合意した。ただし、個別の指標の定義よりも、共通して用いる指標を設定すべき施設と特性の特定が重要視された(Hyman, 2004)。2007年5月現在で具体的な指標に関する合意は形成されていない(Hyman, 2009)。

2004年の国内協同道路研究計画(NCHRP)報告書は、ベンチマーキングのための指標の目録を整備するために、顧客としての道路利用者との関わりの観点から2000年の国内ワークショップの成果を拡充した(Hyman, 2004)。施設の保全の観点に加味され、例えば舗装では、ひび割れ率、健全度等の指標が加えられている。また、政策決定者や市民との対話に有用である LOS も追加された。

2004年にウィスコンシン州マディソン(Madison)で中西部地方大学交通センター(MRUTC)が MQA 専門家交流を組織した。その成果である2005年の MRUTC 報告書(Adams and Smith, 2005)では、指標について異なる用語と用法を有する諸機関間でのコミュニケーションに資する基本用語が定義された。区分は施設のグループであり、車道、橋梁、排水等がその例である。工種は主要な施設であり、例えば車道ではアスファルト舗装、コンクリート舗装、路肩等である。特性は施設の品質あるいは欠陥であり、コンクリート舗装の例ではひび割れ、ずれ等がこれにあたる(Adams and Smith, 2006)。顧客満足度はもはや直接的な指標として用いられておらず、その他の指標を顧客満足の評価に代用している(Smith and Adams, 2005)。

2008年のノースカロライナ州ダラム(Durham)での第2回 MQA 専門家交流を受けて、2009年に MRUTC 報告書(Adams et al., 2009)が出された。2つの MRUTC 報告書を比較すると、例えば道路標識では、2005年には見られた鉛直線形、側方余裕、不可視文字等の外観を規定する定量的指標が、2009年には夜間の有効性を妨げるものという定性的かつ包括的な指標に置き換わっている。道路管理者が、かつての詳細で分析的な指標に変わり、相対的な道路のパフォーマンスを指向していることが読み取れる。

2009年に TRB(2009)が高速道路の建設と維持管理を含むマネジメント用に提案した指標の多くも所期の機能を有する施設の割合であり、定性的指標を指向する動きは特別なものではないと考えられる。また、必須の中核的指標と必要に応じ用いる包括的指標を区別しており、施設と指標の重要度の存在を示唆している。

2010年に TRB(2010)は、組織の目的すなわちアウトカムが保全、移動性、安全、環境の4つであることを明らかにした上で、より詳細に高速道路の LOS 評価のための指標と閾値を提案している。

2011年にカリフォルニア州アナハイム(Anaheim)においてNCHRPが主催した国内スキャンでは、データの収集と活用に関する実態の発表と意見交換が行われた。共通認識のひとつは、用いる指標の共通化が諸機関間の情報交換を促進し、後発機関の初動にも資するというものであった。保全、移動性、安全、環境の4分野で一般的に用いられている指標の照査と、全国

レベルの指標等, より高位の指標開発の必要性が確認された (Zimmerman and Yurek, 2012).

### 3.1.4 日本における道路の維持管理への示唆

#### (1) 新公共経営先進国の特徴

英国, ニュージーランド, 米国におけるパフォーマンス指標について, その用途と要件を代表的事例とともに整理したものが表 3.1.2 である. 整理の観点として部局と段階を用いた. 企画部局の評価と計画および実施部局の計画, 実行, 評価である.

表 3.1.2 英国, ニュージーランド(NZ), 米国におけるパフォーマンス指標の用法

部局	段階	パフォーマンス指標の用途	パフォーマンス指標の要件	代表的事例
企画部局	評価	アウトカム実績の評価と報告 (ベンチマーキングを含む)	アウトカムは社会的課題の水準を表現でき, 定義と測定方法が明確	英国:アウトカムに着目したベンチマーキングと重要パフォーマンス指標 (KPIs) による業績の例示, NZ:国道アセットマネジメント計画, 米国:バージニア州ダッシュボード
		LOS 実績の評価と報告	LOS 算出に必要な施設の状態・性能の値が利用可能	米国:ワシントン州 MAP
		業務の有効性の評価と報告	アウトカム実績, アウトカム目標, インプットの値が利用可能	英国:公的サービス合意 (PSA ), NZ:バリュー・フォー・マネー
	計画	アウトカム目標を設定した維持管理計画の作成	アウトカム目標が政策目標を反映	英国:重要パフォーマンス指標 (KPIs) の共有, NZ: 道路管理のバリュー 10 年後の目標値
		アウトカム目標とインプットによる事業計画の作成	アウトカムとインプットの関係が既知	英国:公的サービス合意 (PSA)
実施部局	計画	維持の優先順位の決定	施設の状態・性能あるいは LOS の値が利用可能	英国:自治体パフォーマンス指標, NZ:重要パフォーマンス指標, 米国:維持管理品質保証 (MQA)
		アウトプット目標あるいは LOS 目標とインプットによる年度計画の作成	アウトプットおよび LOS とインプットの関係が既知	英国:公的サービス透明性フレームワーク, 米国:維持管理品質保証 (MQA)
	実行	管理標準とレスポンスタイムに基づく日常的維持	閾値と実施期限が道路利用者視点から決定	英国:日常的維持と冬期維持に関する規約, NZ:オペレーションパフォーマンス指標, 米国:性能規定型契約
	評価	施設の状態・性能, アウトプット実績あるいは LOS 実績の測定と評価	アウトプットおよび LOS の定義と測定方法が明確	英国:法定パフォーマンス指標 (SPI), NZ:初年度をベースラインとするベンチマーキング, 米国:テキサス州 LOS 評点システム
		業務の効率性の測定と評価 (将来の予算制約の下での施設状態の推移予測を含む)	アウトプット実績, インプットの値が利用可能	英国:成熟度のベストプラクティスの公表, NZ:路面統合指数, 米国:維持管理品質保証 (MQA)

本部等の企画部局は、複数の実施部局を対象としたアウトカムの目標を設定し、それを実現するための中長期的な補修計画を策定する。また、これらを道路利用者であり納税者でもある市民および政策を承認し予算を決定する議会に説明する。出先機関等の実施部局は、目標アウトカム達成のために配分された年度予算の下で、中間アウトカムベースの計画的維持を推進するとともに補修閾値とレスポンスタイムで規定される対症的維持を実施する。実施部局の業務品質を保証する管理規定、作業標準等はパフォーマンス指標を用いて記述され企画部局により管理されており、これらのマネジメントツールがマネジメントサイクルを機能させる。

さらに、英国やニュージーランドでは複数の道路管理者によるパフォーマンス指標の共有と横断面的ベンチマーキングが行われ、米国でも指標共通化の検討が進められている。また、ニュージーランドや米国では複数の道路管理者による維持管理業務の一括発注が実施されている。これらの事例においては、点検要領、積算基準等のマネジメントツールの共有が行われている。

## (2) マネジメントサイクル

NPM 先進国のシステムは、何度かの見直しを経て改善を重ねてきたものであるが、現在のシステムの効果や成否については現時点での情報が不足しており客観的に評価できない。しかし、維持管理のマネジメントにおいて実践されており、国民からも一定の評価を得ていると考えられる。ここでは、それら諸国と日本との道路行政の共通性に着目し、日本の維持管理の枠組の中でそれらのパフォーマンス指標の用法を精査することで日本への示唆を得る。なお、中長期計画の策定、個別事業の実施等、空間的視野と時間的視野から様々な意思決定の場面でパフォーマンス指標は用いられるが、中長期計画に基づく単年度個別事業のマネジメントを念頭に置く。また、両者の共通性とは、企画部局と実施部局の2層構造を有する道路管理者、道路管理者内部の共通認識となるマネジメントツール、業績の測定に続く予算の要求から配分までの時間的遅れおよび企画部局による作業標準等のマネジメントツールの見直し、実施部局による中間アウトカムベースの計画的維持と対症的維持等である。

図3.1.1は、NPM先進国におけるパフォーマンス指標の用法を日本の企画部局と実施部局によるPlan-Do-Check-Act cycleに展開し、日本の道路行政の現状を踏まえて補完したものである。図3.1.1において、企画部局のCheck(図中の\*1)では、道路利用者の視点によるアウトカムが測定され、データベース内の道路管理者の視点によるアウトカムも含め、有効性(アウトカム実績/アウトカム目標)とコスト有効性(アウトカム実績/インプット)が評価される。評価結果がベンチマーキングも含めて市民に公表され議会に報告されるとともに、評価結果に基づき、必要に応じ、中長期計画、マネジメントツール、技術支援システムが見直される。企画部局のPlan(図中の\*2)では、政策目標を反映したアウトカム目標を明記した中長期計画が策定される。インプットとなる年度予算は、前年度の評価結果を踏まえた予算要求を経て、予算の枠組に応じて決定される。実施部局のPlan(図中の\*3)では、道路管理者の視点によるアウトカムを勘案した優先順位と配分された年度予算に基づき、アウトカム目標を明記した実施計画が策

定される。実施部局のDo(図中の\*4)では、中長期計画に基づく計画的維持および道路管理者の視点によるアウトカムや市民からの苦情等に基づく対症的維持が実施され、個別事業の量としてのアウトプットと費用としてのインプットが明らかとなる。実施部局のCheck(図中の\*5)では、道路管理者の視点によるアウトカムが測定され、有効性(アウトカム実績/アウトカム目標)、コスト有効性(アウトカム実績/インプット)および効率性(アウトプット/インプット)が評価される。評価結果がデータベースに入力されるとともに、評価結果に基づき、必要に応じ、個別事業の優先順位が見直される。アウトカムを道路利用者の視点によるものと道路管理者の視点によるものとに区別しているが、例えば道路交通における死傷事故率のように社会的課題の水準を表すパフォーマンス指標が前者であり、全国道路橋の長寿命化修繕計画策定率のように道路施設の状態・性能を表すパフォーマンス指標が後者である。両者はそれぞれ最終アウトカム、中間アウトカムと呼ばれる。

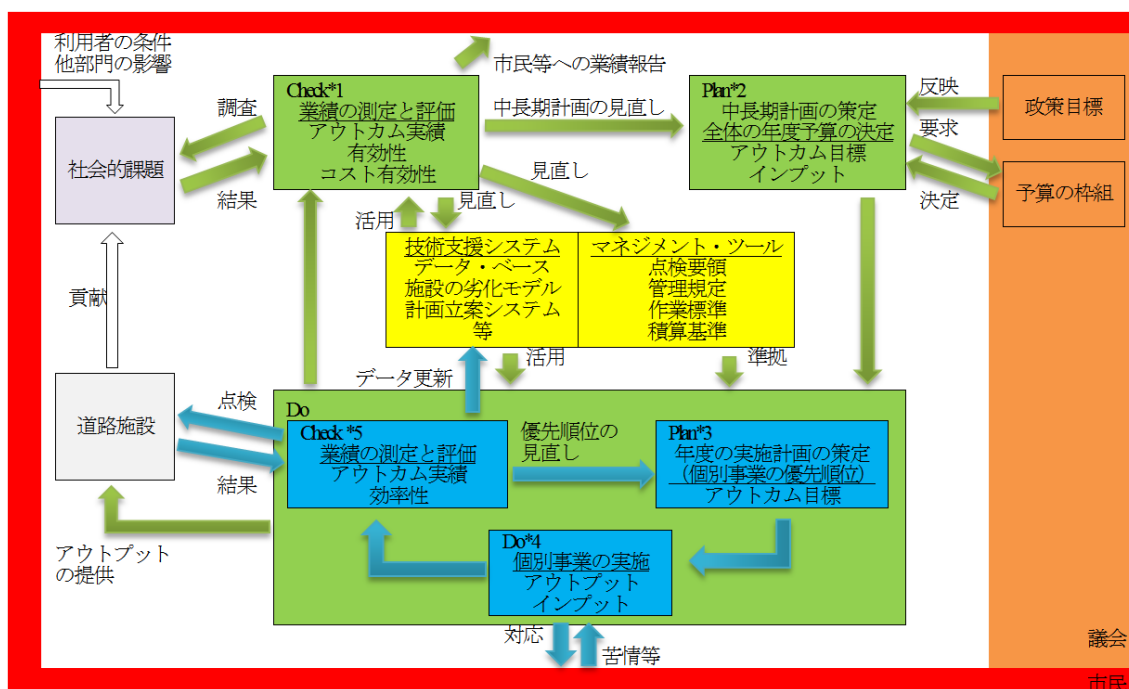


図3.1.1 維持管理の枠組とマネジメントサイクルにおけるパフォーマンス指標の用法

### (3) マネジメントツール

行政組織への新たな制度やシステムの導入にあたり職員の理解と順応が大きな課題となることを踏まえれば、日本における業績評価の導入に際しても、理念だけでなくマネジメントツールが実務上の重要な役割を果たすことは想像に難くない。当該ツールは道路管理者内部の共通認識であるだけでなく外部の利害関係者とも共有される。このため、アウトカム、アウトプット、インプットの3パフォーマンス指標を用いて記述された当該ツールには、道路維持管理の目的であるアウトカムとの関係を説明できることが求められる。アウトカムに関する基準すなわち

損傷等の激しさと広がりに関する閾値およびレスポンスタイムを規定した管理規定、アウトプット提供手段としての個別事業の工程および施工に要する標準的な労務、材料、機械等の所要量を設定した作業標準、インプットを決定するために、個別事業に要する労務、材料、機械等の単価に加え、委託費用の算定に必要な事項が規定された積算基準が代表的である(図3.1.2)。効率性、有効性、コスト有効性のベンチマーキング等に基づき改善された業務手順は、企画部局による当該ツールの見直しの形で維持管理の現場に導入される。

図3.1.1および図3.1.2に基づき、3パフォーマンス指標の具体的な用途を踏まえた上で、その要件を整理する。アウトカムは政策目標を反映すると同時に、ベンチマーキングに備えて定義、測定方法等が関係機関間で共通であること。アウトカムの中でも道路利用者の視点によるものは、専門家でない道路利用者にとってのわかりやすさの視点および道路の多機能性と個別機能の多面性を勘案した多面的視点を有すること。道路管理者の視点によるものは、個別事業の計画と評価の前提となるため実施部局が測定可能であり、かつ道路施設と施設特性の多様性すなわち多特性を考慮した複合的視点を有すること。また、道路利用者の視点によるアウトカムとの相関が求められており、乖離が認められた場合は定義の修正または指標の変更がなされること。アウトプットは発現するアウトカムが特定されており、アウトプットの提供量でアウトカムの向上量を説明できること。インプットは投入する事業が限定されていること。また、外部委託の場合には委託費用に加えて当該事業に関係した職員の事務費等の間接費を含むこと。以上が3パフォーマンス指標の要件である。なお、パフォーマンス指標の要件について論じる場合、一般的には、信頼性、概念妥当性および測定に係るデータの入手可能性と経済性が挙げられる。

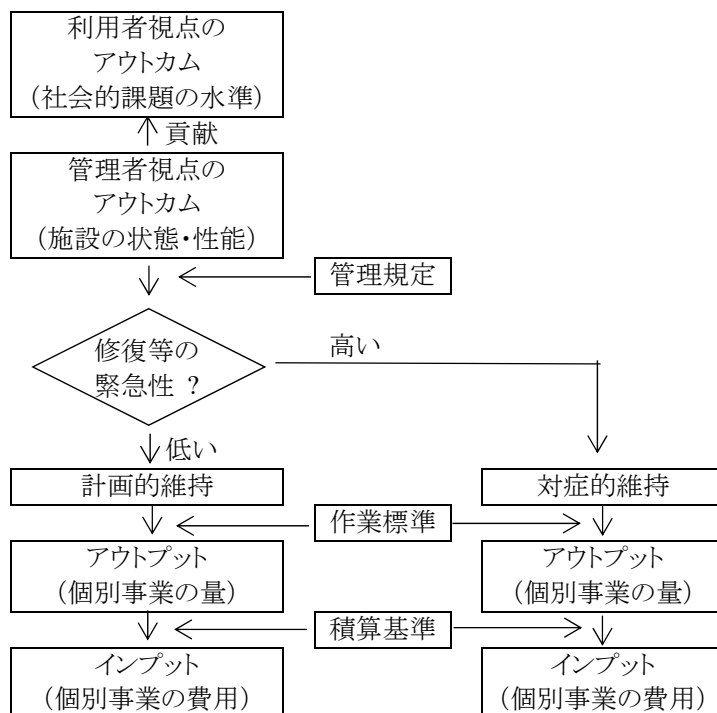


図3.1.2 マネジメントツールとパフォーマンス指標

## 3.2 業績評価における複合的評価

### 3.2.1 日本における政策評価の導入

政策評価制度は、政策をその効果や実施後の社会経済情勢の変化に基づいて積極的に見直すため、2001年1月に行われた中央省庁等改革の一環として創設された。そして、政策評価の実効性を高めるため、2001年6月に行政機関が行う政策の評価に関する法律(平成13年法律第86号)(以下、「政策評価法」という)が制定され、2002年4月から施行されている。各府省は政策評価法に基づき、その所掌に係る政策について適時にその政策効果を把握し、これを基礎として必要性、効率性、有効性等の観点から自ら評価を行うとともに、その評価結果を当該政策に適切に反映させることとされた。海外で実績のあったNPMを範として日本に導入された政策評価制度には、費用便益分析を中心とする事業評価方式、民間企業の目標管理制度を模した業績測定的な実績評価方式、米国の会計検査院(GAO)が行っているような政策研究・調査型の総合評価方式の3つの異なる評価方式が含まれている。

業績評価の目的は定期的に業績を測定し目標の達成状況が思わしくない場合は原因分析と課題抽出を行い進め方の改善策を検討することであるが、維持管理業務の実施方法の改善につながる原因分析と課題抽出を可能にする環境が整っているとは言えない。国土交通省の中心的な評価方式である政策チェックアップ(実績評価方式)では、施策目標ごとに業績指標とその目標値を設定し、定期的に業績を測定して目標の達成度を評価する(国土交通省、2012)。2011年度の場合、道路の維持管理に係る業績指標は、施策目標「道路交通安全性を確保・向上する」における全国道路橋の長寿命化修繕計画策定率、道路交通における死傷事故率、あんしん歩行エリア内の歩行者・自動車死傷事故抑止率、事故危険箇所の死傷事故抑止率の4つである(国土交通省、2011a)。また、個別事業完了後の事後評価は維持管理段階における評価であるが、事業完了後5年以内の事業効果、環境への影響等の確認を目的としており、維持・管理に係る事業は対象から除かれている(国土交通省、2011b)。

業績評価における課題抽出の代表的方法が、関係機関の業績情報を時系列的、横断面的に比較することにより特定されたベストプラクティスと自己の比較分析を行うベンチマーキングである。複数の機関による共同型ベンチマーキングが可能となるためにはパフォーマンス指標を共有することが不可欠であるが、日本では橋梁や舗装を対象とした一部の実施例を除き、パフォーマンス指標を有効に活用した道路施設の維持管理は実施されていない。パフォーマンス指標の共有やベンチマーキングによる維持管理業務の実施方法の改善を視野に入れた研究も、著者の知る限り行われていない。

### 3.2.2 道路部門におけるパフォーマンス指標の活用

経済協力開発機構(OECD)(1997)は、道路部門におけるパフォーマンス指標として75指標を提案している。表3.2.1に示すように、8領域(アクセスと移動、安全、環境、公平、地域社会、計画の策定、計画の推進、計画の成果)と3視点(政府、道路管理者、道路利用者)から構成される。

著者はOECD職員として、当該報告書を作成した専門家グループに参加した。グループは、「道路行政は適切な業務を行っているか」「道路行政はその業務を適切な方法で行っているか」「道路部門に大きく影響する要素は何か」という3つの問いに答を見出す必要性を認識していた。このため、8領域のうち前5領域は事業実施効果の評価に関与し、後3領域は業務執行効率の評価に関与する。政策を決定するのは道路管理者であるが政府と市民も政策決定過程に関与しており、道路管理者はその両者に対し説明責任を有するという立場であった。資産管理に係る指標は政府の視点に対応し、サービス提供に係る指標は道路利用者の視点に対応している。計画、建設、維持管理の全ての段階が対象となっている。

グループは、アウトカムが道路利用者によって規定されること、すなわち、顧客の期待するパフォーマンスは道路管理者自身の管理下にある道路のパフォーマンス以外の多くの影響を受けることも認識していた。例えば、75指標のうち事故通報から治療までの時間はサービス提供に関する業務執行効率の評価のためのアウトカム指標に位置づけられるが、その時間は道路の構造規格や路面性状だけでなく事故現場と対応する医療機関との距離により決まる。

以上のように、当該報告書は道路管理の全段階を対象とし利害関係を有する3者の観点を網羅した総花的な検討であり、道路管理者による施設の維持管理というテーマの掘り下げには不十分である。しかしながら、サービス提供の顧客は道路利用者、資産管理の顧客は所有者である政府であり、道路管理者は両者に対し説明責任を有するという観点は重要である。事業実施効果と業務執行効率の観点および道路部門におけるアウトカムに係る他律性の認識も重要である。

日本では、日本道路協会道路維持修繕委員会(2008)が、パフォーマンス指標を道路の果たす機能に着目して機能を発揮している度合いを数値で表したものと定義している。表3.2.2に示すように、パフォーマンス指標は道路利用者等の観点からのサービス指標と道路管理者の視点による管理指標に分けられる。舗装のサービス指標としては乗り心地が代表的であり、管理指標の例としてはわだち掘れや平坦性等の路面性状(表層の性能)および疲労破壊輪数等の耐荷力(全層の性能)が挙げられる。耐荷力と異なり、路面性状は乗り心地に大きく影響する。したがって、路面性状の基準の設定にあたっては道路利用者等の視点と満足度評価等の方法が必要となる。

表 3.2.1 道路部門における3視点8領域の下でのパフォーマンス指標

視点領域	政府	道路管理者	道路利用者
アクセス移動 (多くは公平と地域社会にも適用される)	<ul style="list-style-type: none"> <li>* HCMによるサービスレベル</li> <li>— 同上(道路の機能分類毎, 地域別)</li> <li>* 平均的道路利用コスト(乗用車およびトラック)</li> <li>— その他のアクセス指標</li> <li>— 総輸送コスト/GNP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 維持管理にかかる支出/台キロおよび等価標準軸重</li> <li>— 同上(道路の機能分類毎)</li> <li>* 旅行時間およびその変動性</li> <li>— 道路利用者への情報の質(監査による)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 旅行時間とその信頼性に関する満足のレベル</li> <li>* 道路利用者への情報の質(利用者別あるいはマーケットの調査による)</li> <li>— 混雑による遅れ</li> </ul>
安全	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 事故リスク: 死亡事故および人身事故/台キロ(および死傷者数)</li> <li>* 国レベルの交通安全プログラムの有無</li> <li>* 飲酒運転事故の割合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 安全プログラムの結果を評価する方法の有無</li> <li>* 走行速度別分類</li> <li>— 構造基準を満足していない道路の割合</li> <li>— 歩行者および自転車利用者が自動車交通にさらされる割合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 歩行者および自転車利用者のリスク</li> <li>— 事故通報から治療までの時間</li> <li>— 交通事故による疾病を公的な健康問題と捉えている人口の割合</li> </ul>
環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 大気に係る環境の基準の有無</li> <li>— 道路用地の累積面積</li> <li>— 道路用地に新たに編入された土地</li> <li>— 自動車からの排出に係る調査あるいは維持プログラムの有無</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 環境政策あるいはプログラムの有無</li> <li>* 凍結防止剤の使用の有無</li> <li>* 人口あたりの排出量(CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC, PM)</li> <li>— 道路表面流の汚染</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 65dB以上の騒音レベルにさらされている人口の割合</li> <li>— 大気に係る環境の基準を越えたレベルにさらされている人口の割合</li> </ul>
公平	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 道路の地域バランス</li> <li>— 特定(身障者等)車両に係る法律の有無</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 道路支出と地域で徴収される利用者負担を比較しての黒字(赤字)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 利用者別旅行費用, 旅行時間</li> <li>— 利用者別事故リスク</li> </ul>
地域社会	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 住民参加のプロセスと既決定事項見直しの手順</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* マーケットリサーチおよび利用者フィードバックのプロセス</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* フィードバックの仕組みの数とタイプに関する満足の度合い</li> </ul>
計画の策定	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 建設, 維持, 管理に係る長期プログラムの有無</li> <li>— 採用された道路プログラムの費用便益分析</li> <li>— 計画混雑レベル</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 予算配分のためのマネジメントシステムの有無</li> <li>* (提案された)道路プログラムの費用便益分析</li> <li>— 品質マネジメントプログラムあるいは品質監査プログラムの有無</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* プログラム策定プロセスに関する満足の度合い</li> </ul>
計画の推進	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 道路維持のための十分な資力</li> <li>— 長期道路プログラムの完成の度合い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 計画時のプロジェクトコスト対実際のプロジェクトコスト</li> <li>* レーン km あたり管理費用</li> <li>* 間接費の割合</li> <li>* リサイクルされる建設資材の割合</li> <li>— レーン km あたり職員数</li> <li>— 直営で行なわれる作業の割合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* プログラム遂行に関する満足の度合い</li> <li>* 道路の管理と維持に係る道路管理者費用とそれに起因する利用者の遅れに伴う費用</li> </ul>
計画の成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 道路の資産価値(趨勢)</li> <li>* 費用便益分析の事前事後比較</li> <li>— 道路プログラム毎の道路予算のトレンド(建設, 維持, 管理)</li> <li>— 道路による収益</li> <li>— 総道路支出/GNP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 平坦性(道路の機能分類毎)</li> <li>* 支持力(道路の機能分類毎)</li> <li>* 耐荷力不足橋梁の割合</li> <li>* 損傷した橋梁床版面積の割合</li> <li>* 混雑した道路の延長</li> <li>* トラック過積載の発生率</li> <li>— 道路付属施設管理システムの有無</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 表面性状</li> <li>* 道路状態への満足の度合い</li> <li>— 100kmあたりの休憩施設</li> <li>— 照明された主要道路の割合</li> <li>— 冬期交通条件の質</li> <li>— 利用者情報システム</li> </ul>

注) \*: 主要指標. —: 二次指標.



表 3.2.2 サービス指標と管理指標の特徴とメリット・留意点

指標分類		パフォーマンス指標	
		サービス指標	管理指標
評価主体		利用者(道路利用者/沿道住民/地域社会全体) 道路管理者	道路管理者
評価対象		道路利用者の視点に立脚した道路機能	道路管理者の視点に立脚した道路機能
特徴		道路利用者への説明するため、利用者にとってわかりやすい項目を設定する必要がある。 そのため、道路資産管理の結果、道路利用者が受ける効果(サービス)で評価する。	道路管理者が具体的に実施する項目として設定する必要がある。 そのため、道路施設の健全度、交通の状況、道路管理者の頻度等で表現する。
指標(例)	快適性	乗り心地の満足度	舗装:わだち掘れ, 平坦性
		景観などの満足度 ゴミの少なさなどの清潔さに関する満足度 など	日常管理:緑化率, 巡回回数など
	通行確保	常時/災害時の通行可否	橋梁:健全度指数(HI), 床版ひび割れ トンネル:点検ランク, 漏水箇所数
		旅行速度, 所要時間, 渋滞長	交通:混雑度, 飽和度
	安全性	死傷事故率	積雪深, 除雪頻度 事故危険箇所の対策数
周辺環境	夜間騒音限度達成率, 振動値, NOx(窒素酸化物), SPM(浮遊粒子状物質)	騒音対策延長	
メリット		国民や道路利用者が実感できる指標であるため, わかりやすい。	具体的な管理項目であるため, 管理者が設定しやすい。 実施率等で評価できるため, 事業の効果が把握しやすい。
留意点		構造物の劣化の進行や機能低下などを直接表現した指標ではないため, その将来見通しや構造物保全などの長期的に発現する効果が見えにくい。	専門的な用語を用いる場合が多いため, 専門知識を持たない国民にとってわかりにくい。 道路資産の劣化の状態や, 供用時の性能を表現した指標であり, 改善により提供される便益(サービス)ではないため, B/C 等を用いた投資効果を表現しにくい。

### 3.2.3 自律的評価と複合的評価の必要性

#### (1) 自律的評価の必要性

政策評価各府省連絡会議(2005)による「政策評価の実施に関するガイドライン」は、実績評価方式における顧客志向、目的と手段の連鎖、情報公開と透明性の確保の3つの重要性を強調する。特に目的と手段の連鎖の観点からは、成果(アウトカム)に着目した目標である基本目標について、設定が困難あるいは適切でない場合のアウトプットに着目した目標による代用を認めた上で、「成果に着目した目標は、その達成が一般に行政機関が必ずしも統制できな

い外部要因の影響を受けることを排除できず、達成の度合いを全面的に行政機関に帰するとすることは適切でない場合もある。このため、成果に着目した目標を設定した場合には、目標達成に影響を及ぼす可能性がある外部要因についても、可能な限りあらかじめ明らかにする。なお、アウトプットに着目した目標についても同様とする」ことを規定している。

かつてニュージーランドは、アウトカムには実施機関が管理できない要因が影響するとの理由から、実施機関はアウトプットに責任を有することとした。この結果でなく効率を優先するアウトプット中心のマネジメントはやがて「NZ モデル」と呼ばれるようになり、世界から多くの注目を集めるようになった。しかし、事業のアウトプットに対する省庁のアカウントビリティを強化した結果、省庁間に壁ができてしまい、省庁間の連携や長期的視点に立った組織管理が疎かになっているとの反省から、政府の総合性を確保し、サービスの質を重視するアウトカム中心のマネジメントへの転換がなされた。一方、豪州や米国は、アウトカムへの影響すなわち責任は複数の実施機関で分担されるものとし、課題全体の一部に着目した中間アウトカムを用いた。例えば天候のような外部要因は不確実性を伴い、インプットとアウトプットの関係に大きな影響を与える。顧客の行動と環境自体がインプットとアウトカムの関係に大きな影響を与える。中間アウトカムと最終アウトカムの関係に定量的関係を見出すことは困難である(Hatry, 2006)。社会問題の多くは多様な要因が複雑に絡み合ったものであり、解決のためには専門領域を横断した総合的な対応が必要になる。それはまさに「アウトカムの共有化」による組織間連携を政府に求める。より全体論(holistic)的な視点に立った連携は重要であるが、連携によるアウトカムの改善効果を評価することは容易ではない。

アウトカムの階層区分は、より高次の結果達成が求められる中で、パートナーシップを前提として事業を計画・実施することが必要になってきたこと、また、あわせ組織としての説明責任範囲を明確にすることが必要になってきたことに基づいて出てきた概念整理と考えられる。ODAの分野では、援助効果と当該機関の国別援助の因果関係を捉えるにあたり、これまでの帰属(attribution)から貢献(contribution)に視点を移しつつある。帰属がアウトカムの変化と介入の因果関係を立証可能な形で捉えるのに対し、貢献は、変化と介入の因果関係を可能性の高さ(plausibility)の観点から捉える視点である。アウトカムの変化と特定の介入の因果関係を厳密に検証するのは大変に難しいとの問題を背景に、帰属に代わる視点として出てきており、様々な角度からの分析を通じて、因果関係の可能性を判断するものである(三輪, 2005)。目的に対する手段を選択するということは提供するアウトプットの優先順位を、その貢献度(有効性, 効率性)により判断することであり、業績測定の結果を予算に活用させることである。ある施策がその目的を達成するに至るまでのインプット(投入)、アウトプット(結果)、アウトカム(成果)の論理的な因果関係を明示したロジック・モデルが策定されることもあるが、管見の限りでは、外部要因が施策の効果にどれほどの影響を与えたかについて厳密に分析を行ったものはない。実際の行政活動を対象とする予算であれば、外部要因の影響を受けない(実施主体が管理でき説明責任を有する、帰属(attribution)の検証が可能)アウトプットや中間アウトカム(区分によっては直接アウトカム)の方がインプットとの関係を正確に把握できることは言うまでもな

い。

道路部門では、社会的課題の水準が道路管理者による維持管理行為のアウトプットだけでなく道路利用者の条件や他部門のアウトプットに影響される。外部要因の影響を受けない、すなわち帰属の検証が可能であり実施主体が管理できる要因による評価(以下、「自律的評価」という)を行うためには、アウトカムとして何を選定するかが重要となる。

米国の政府会計基準審議会 (Governmental Accounting Standards Board: GASB) (2010)の業績報告制度であるサービス提供努力と成果に関する報告 (Service Efforts and Accomplishments Reporting: SEA 報告)は、本質的要素として目的と範囲、ゴールと目標、重要指標、結果と課題に関する議論と分析の 4 つを含む。また、品質的要件は関連性、理解容易性、比較可能性、適時性、一貫性、信頼性の 6 つである。SEA 報告 (GASB, 2008)は、道路維持管理に係るパフォーマンス指標を例示している。アウトプットは修理された道路の総延長あるいは修理により特定の条件を満足するに至った総延長の割合であるが、後者のように品質要件の観点に加わるとアウトカムとされることもある。アウトカムは優良状態にある道路の割合あるいは道路の平坦性に係る居住者の評定である。両指標に加え、実施主体の管理下になく結果に影響を与える外部要因、およびサービスと結果の因果関係を定義できないことあるいは外部要因により生じる意図せぬ結果についても情報提供することとしている。Hatry and Bryant (1998)は、GASB と同様の例示をした上で、道路状態に係るアウトカムデータは所要の措置を特定できる程度に細分化されていることが必要であるとした。

アウトカムによる評価の一例として、Asano and Tokunaga (2008)は冬期路面管理の目的を冬期道路交通の安全性・確実性・走行性の確保と利用者満足度の保持とし、最終アウトカムとして走行速度、冬型交通事故の事故率および冬期路面管理に関する苦情・要望の発生件数、中間アウトカムとして連続すべり抵抗値、アウトプットとして凍結防止剤の散布実績に注目した。その結果、中間アウトカムは路面管理業務の直接的な成果でありアウトプットとの定量的関係を説明できるためパフォーマンス指標として有効であるが、最終アウトカムは外部要因に左右されるため中間アウトカムの水準を決定するための有効なパフォーマンス指標になり得ないと報告している。当該事例は、道路の多機能性を前提とした上で冬期路面管理の現状に着目した貴重な研究報告であると同時に、その内容は今後の維持管理ニーズの評価のあり方を考える上で示唆に富んでいる。冬期路面管理を維持管理全般に一般化すれば、安全に係る路面特性はすべり抵抗だけでなくわだち掘れやポットホール等の路面損傷を含め複数存在する。また、機能に対する貢献度・重要度も路面特性により異なる。以上の背景の下、路面特性の多種性を踏まえた上で、その水準と機能に対する重要性により道路の維持管理ニーズを評価する方法が求められている。

## (2) 複合的評価の必要性

### a) HRIF の複合的効果

HRIF の種類(以下、「工種」という)は複数存在し実際の道路区間は多工種の HRIF で構成されるため、その機能の水準は多様な特性を有する HRIF の複合的効果により決まる。機能の観点からの効率的な道路管理のためには道路施設の複合的効果を軽視できない。例えば、交通事故対策における滑り止め舗装や交通安全施設である附属物の設置、交通騒音対策における低騒音舗装や遮音壁の設置等である。道路施設の設置において重視された機能の観点と多種多様な道路施設の複合的効果は、当該施設の維持管理においても重視されなければならない。

### b) 複合的評価の研究事例

多工種の HRIF を対象として維持管理ニーズを複合的に評価した研究事例は数少ない。著者の知る限り、HRIF の施設特性に基づくサービス水準を機能の観点から複合的に評価した研究は皆無である。

表 3.2.3 に示すように、研究事例は HRIF 以外に橋梁も対象として含め、附属物の健全性として機能の観点からのサービス水準ではなく残存耐用年数に着目している。また予算配分あるいは計画策定を目的とし、予算制約下の目的関数あるいは費用最小化の制約条件となるアウトカムを特定している。そのうち Li and Sinha (2003,2004) は道路の多機能性を前提としているが、Gharaibeh et al. (2006) や Bai et al. (2012) と同様に旅行速度、事故率等の社会的課題の水準を表す指標を評価に用いている。Gharaibeh et al. と Fwa and Farhan (2012) は基準適合割合すなわち指標の値と閾値の乖離を評価の視点に加えている。予算配分の実態について、Gharaibeh et al. によれば、目立たない施設に対する軽視が長期的にもたらす致命的劣化のリスクは見過ごせないが、実態はヒューリスティックに影響されている。予算配分のような最適化問題は最大の意味決定空間におけるすべての選択肢を対象とすべきであるが、Gharaibeh et al. が言及したように、実際の道路管理では橋梁のような安全を左右する工種に予算が優先的に配分されている。また、Li and Sinha は過去の発注実績と最適解を比較した結果の高い一致率を報告したが、実態の最適性が保証されない中での実態との比較には大きな意味を見いだせない。

表 3.2.3 HRIF の複合的評価に係る研究事例

研究事例	資産区分別のパフォーマンス指標			予算配分・計画策定	
	舗装	橋梁	附属物	アウトカム	数理計画の解
Sadek et al. (2003)	PCI	PONTIS の結果	RSL (工種は交通信号機)	状態指数 (工種別を統合)	工種別予算額
Li and Sinha (2003,2004)	路面状態, RSL, 滑り抵抗, 車線・路肩幅員, 旅行速度	構造・路面状態, RSL, 迂回距離, NBI 評点, 床版幅員, 空間余裕, 旅行速度	RSL, 視認距離, 輝度, 衝突率, 旅行速度	パフォーマンス指標の変化が示す価値の増分 (工種別)	維持管理計画
Gharaibeh et al. (2006)	舗装状態評点, IRI, 混雑度, 事故率	NBI 評点, 橋梁事故率, 下方余裕	標識状態指数	管理基準適合割合あるいは耐用年数を考慮した健全性	複数年度の工種別予算額
Bai et al. (2012)	IRI, 衝突率, 旅行速度	BCR が 5 以上の割合, 衝突率, 旅行速度	RSL, 衝突率, 旅行速度	工種別のパフォーマンス指標	工種別予算額
Fwa and Farhan (2012)	PCI	BHI	RSL	パフォーマンス指標の値と閾値の乖離の工種間較差	工種別予算額

頭字語)BCR: Bridge Condition Rate, 橋梁状態評点. BHI: Bridge Health Index, 橋梁健全度. IRI: International Roughness Index, 国際ラフネス指数. NBI: National Bridge Inventory, 全国橋梁台帳. PCI: Pavement Condition Index, 舗装状態指数. RSL: Remaining Service Life, 残存耐用年数.

多工種の HRIF で構成される道路区間の供用性を表す複合指標は有望であるが, HRIF の構造と幾何学的配列が工種により異なることに留意する必要がある. すなわち, 施設の構造は舗装が面状, 区画線が線状, 防護柵と道路標識が面状部材と支柱の複合構造, 幾何学的配列は舗装と区画線が連続線状, 防護柵が不連続線状, 道路標識が点状配列である. このような技術的課題への研究事例のアプローチを以下に整理する. なお, 各研究事例の概要を付録-1 として添付している.

アウトカムおよび数理計画モデルの作成と解法. Sadek et al. (2003) は, 区間の状態指数を最大にする工種別予算額を決定した後に工種別の状態指標に基づく優先順位を決定した. 予算配分の最適化だけでなく空間的視野と時間的視野からの作業予定の調整も目的とした. Li and Sinha は, 維持管理事業によるパフォーマンス指標の変化が示す価値の増分をアウトカムとした. 機能別工種別のパフォーマンス指標から機能別に価値の増分を求め, さらに工種別に統合した. 機能別へのパフォーマンス指標の統合には加重総和を用いた. すべての機能別を統合する際は, 例えば実用と安全・環境の相互関係を考慮して加重総乗を用いた. Gharaibeh et al. は, 多工種を対象とし工種間の予算配分を目的とした. 施設損傷と性能低下

のリスク最小化を目的とした意思決定者の主観である効用は多属性効用となる。Bai et al.は、工種別マネジメントシステムが複数の候補事業を選定している条件下で、総予算の制約の下、2つのパフォーマンス指標を最適化する多目的最適化問題のパレート最適解を遺伝的アルゴリズムにより求めた。パレート最適解により明らかとなる2つのパフォーマンス指標の主観的交換比率である限界代替率を用いて、意思決定者が工種別の予算配分を判断した。Fwa and Farhan は、パフォーマンス指標ごとに閾値(制約条件)を定め、工種別にパフォーマンス指標の区間平均値と費用を目的関数とする多目的最適化を行った。区間の最適化は、工種別のパフォーマンス指標の区間平均値と閾値(制約条件)との乖離の工種間較差の最小化によった。

パフォーマンス指標の選定。Sadek et al.は、舗装、橋梁、バス・待合所、自転車道、歩道、交通信号機について工種別状態指標を100-0尺度で定義した。Li and Sinha は、保全に寄与する舗装保全のパフォーマンス指標を路面状態と残存耐用年数、安全に寄与する舗装保全のパフォーマンス指標を旅行速度・滑り抵抗・車線幅員・路肩幅員、事故防止装置のパフォーマンス指標を視認距離・輝度・衝突率とした。Gharaibeh et al.は、区間レベルで各工種の健全を表す指標として、予算無制限の維持管理の下で期待できる耐用年数に対する当該工区の耐用年数の比を施設数量と交通量で加重平均した健全効率および補修閾値を超えない工区の施設数量割合を管理基準適合割合と定義した。両指標と予算水準の関係を設定する必要がある。Bai et al.は、事業効果を表すパフォーマンス指標として、全工種共通の衝突率と旅行速度、舗装のIRI、橋梁の橋梁状態評点BCRが5以上の割合、附属物の残存耐用年数を用いた。3つ以上のパフォーマンス指標のトレードオフについては、2つのパフォーマンス指標を残して他を制約条件とした。パフォーマンス指標とその工種別予算との限界代替率を求めていれば、制約条件となった工種の予算を決定できる。Fwa and Farhan は、パフォーマンス指標として、舗装のPCI、橋梁のBHI、附属物の残存耐用年数と設計耐用年数との百分率を用いた。

評点化における観点。Sadek et al.は、工種別状態指標を耐用年数の関数とし、回帰分析による予測式の係数を道路種別、表層材料、交通特性等に応じて変化させた。データが不十分な場合は、それぞれの耐用年数に対する耐用年数の比に応じて状態指標には100から0まで直線的に変化する直線近似を用いた。Li and Sinha は、現実性の下では効用、リスクの下では期待効用、効用理論を適用できない不現実性の下ではShackleの意思決定理論の焦点要素により評点化した。パフォーマンス指標は、車線幅員のように決定されたものはリスク分析から除外されるが、橋梁部材の損傷レベルのように離散値をとるものには二項分布、路面状態や残存耐用年数のように連続値をとるものにはベータ分布を考慮した。保全すべき機能は全工種に共通することから、機能の重み係数は工種間で等しいとした。Gharaibeh et al.は、舗装のパフォーマンス指標を0-9尺度の状態評点、IRI、混雑度および事故率とし、各指標の補修閾値は設定したが重み係数は考慮していない。道路標識のパフォーマンス指標として0-9尺度の標識状態指数を採用しているが詳細には言及していない。Fwa and Farhan は、附属物のサービス水準を残存耐用年数と関連づけたが、設計耐用年数に対する百分率を用いることで、

舗装や橋梁と同じ0から100の指数に評点化した。

重み係数の設定. Sadek et al.は、状態指数を統合するための重み係数として、工区別から工種別へは施設数量を用い、工種別から区間の状態指数を得るには工種別の相対的重要性を用いた。ケーススタディの重み係数は工種別に差を付けていない。結果として全体予算の増加分は舗装に配分された。Li and Sinha は、機能別のパフォーマンス指標の重み係数および機能の重み係数を、道路管理者グループと道路利用者グループに分け選好を尺度で問う直接質問法と確実性等価法により求めた。機能の重み係数に大きなばらつきが見られたため、アンケート回答者別に、第1階層に機能の重み係数、第2階層に回答者、第3階層に機能を置いた階層分析法 (Analytic Hierarchy Process: AHP) により機能の重み係数を処理した。維持管理事業による価値の増分を求める際、交通量・施設数量/費用を乗ずることで維持管理事業を評点化した。Gharaibeh et al.は、予算制約下で健全効率あるいは適合割合を目的関数とする場合、各工種の重要度は等しいものとした。両指標は施設の物理的状态に着目しており利害関係者への説明も容易であるが、道路利用者に対する最終的な影響については説明していない。意思決定者のリスク態度に基づく直接質問法を用い、各工種の効用が耐用年数を考慮した健全性の関数であるとして評点化するとともに、各工種に確実性・くじアプローチ (ギャンブル法) を適用し、ある工種が最高効率で残りの工種が最低効率となる戦略と全工種がある確率で最高効率となる戦略が等価となる場合、その確率を当該工種の重み係数とした。ケーススタディで意思決定者となった州政府の組織内技術者は、舗装、橋梁、道路標識の重み係数をそれぞれ 0.575, 0.625, 0.125 とした。効用関数については、安全への関与が大きい橋梁と交差点がリスク回避的、安全への関与は橋梁に及ばないが快適に関係し道路利用者に注目されやすい舗装がリスク中立的、極度の劣化でなければ認知されにくい道路標識と排水がリスク愛好的であった。

附属物への配慮. Sadek et al.は、交通信号機は耐用年数の異なる部位 (制御器, 灯器, 感知器) に分解した。Fwa and Farhan は、附属物の工区割りを舗装の工区割りに一致させた。防護柵と道路標識は面状部材と支柱について、設計耐用年数、更新費用および正規分布を仮定した残存耐用年数が判明している。

工種別マネジメントシステムの活用. Sadek et al.は、データの入手可能性および既存システムと新システムとの実用的な統合の観点から、既に運用中の工種別マネジメントシステムのパフォーマンス指標と検討結果を優先しており、舗装の状態指標としては舗装状態指数 (Pavement Condition Index: PCI) を用い、橋梁の維持計画と予算額については PONTIS の結果を活用した。既存のパフォーマンス指標が 100-0 尺度でない場合は 100-0 尺度に変換した。

予算配分の実態との比較. Sadek et al.は、工種別予算額の決定には工種別の回帰分析と直線近似に基づき設定されたネットワークレベルでの状態-予算曲線を用いるとともに、日常的な維持管理のための最低予算額を制約条件とした。Li and Sinha は、所与の工種別予算額の下で、工種や年度が異なる複数の事業を包括する契約の存在を想定し、予算残額を次年度に繰り越す逐年シナリオと繰り越しを考慮しない累積予算シナリオの 2 通りで、ナップサック

問題を解くことにより最適解を求めた。最適解を比較すると、価値の増分は不確実性、リスク、確実性の順であり、意思決定においてリスクや不確実性を考慮する必要性が確認された。過去の発注実績と最適解を比較した結果、不確実性やリスクの有無によらず 85%以上の一致が見られ、また累積予算シナリオの方が高い一致率であった。Gharaibeh et al.は、適合割合最大化を目的とした場合の効用は、効用最大化を目的とした場合の効用に近く、実際の予算に基づく効用を上回っていた。実際の道路管理は、安全を左右する工種の維持管理において過度に保守的であり、それらに予算が優先的に配分されるため、組織内技術者の技術的判断によるものと必ずしも一致しない。Bai et al.は、複数の候補事業として実施済みの事業実績を用いた。Fwa and Farhan は、工種別に、維持管理行為の選択肢としての工法の工程と費用、適用基準、適用後の状態・性能が判明している。舗装の工法は無為、パッチング、オーバーレイあるいはクラックシーリング、橋梁部材の工法は無為、小規模維持、大規模維持あるいは更新、附属物の工法は無為あるいは更新とした。

### c) 複合的評価の実践事例

多工種の HRIF の維持管理に係る評価の実践事例として米国の維持管理品質保証 (Maintenance Quality Assurance: MQA) がある。Stivers et al. (1999) によれば、MQA は施設の性能・損傷すなわち特性に関する指標の基準から決まる評点とサービスのレベル (Level of Service: LOS) および当該特性の重みを考慮して算出した総合評点を用いて維持管理業務を評価する方法である。その目的は LOS の監視、維持管理行為の優先順位付け等であり、重み係数は特性、工種の相対的重要性を表す。MQA については後ほどレビューするが、道路の多機能性と舗装の特性および附属物の工種の多種性を同時に勘案した MQA 事例は存在しない。



### 3.3 道路管理の効率化のための性能規定

#### 3.3.1 日本における技術基準の性能規定化

##### (1) 舗装の技術基準

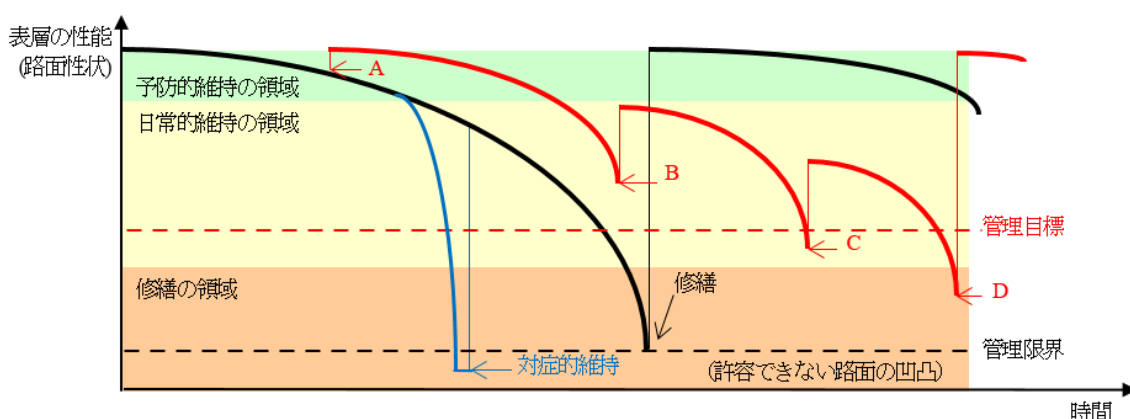
1998年2月、建設省により公共工事の品質確保とコスト縮減とを目的とした「公共工事の品質確保等のための行動指針」が出され、技術基準類を性能規定化する方針が明らかにされた。道路分野では、1998年度より性能規定発注の試行が排水性舗装を対象として始められ、関東地方建設局においては、完成時の性能(耐塑性変形、排水性、平坦性、騒音値)と1年後の性能(騒音値)を規定した発注が行われた。騒音低減性能の性能基準には、実績の平均的な水準を設定している(平出, 1999)。さらに、2001年度に性能規定スタイルの舗装の技術基準類の体系が整った。すなわち、4月に道路構造令(昭和45年政令第320号)が改正され、アスファルト・コンクリート舗装及びセメント・コンクリート舗装が車道及び側帯の舗装の標準でなくなった。6月に車道及び側帯の舗装の構造の基準に関する省令(平成13年国土交通省令第103号)が制定され、疲労破壊輪数、塑性変形輪数、平坦性、必要に応じ浸透水量を満足すれば、舗装の材料、施工方法が問われないこととなった。同時に、「舗装の構造に関する技術基準について」(平成13年国土交通省都市・地域整備局長、道路局長通知)(以下、「技術基準」という)により、舗装の設計期間、舗装計画交通量、舗装の性能指標及びその値を道路管理者が定めることとされた。舗装の性能指標は舗装の性能を示し、かつ定量的な測定が可能な指標であることが要件であり、疲労破壊輪数のような舗装構造の性能、塑性変形輪数、平坦性、浸透水量のような舗装表層の性能の両方を含んでいる。当該技術基準および1998年に性能規定型に改定された「防護柵の設置基準」(平成10年建設省道路局長通達)(猪熊, 2000)は新設や改築の際に適用されるものであり、全ての指標が基準を満足することを求めている。維持管理段階における道路施設の性能に係る基準として統一的なものは日本には存在しない。

##### (2) 舗装の性能と表層の性能

著者が中心となって執筆した「技術基準・同解説」(日本道路協会, 2001)によれば、舗装の設計期間は、あくまでも繰り返し载荷により舗装に疲労破壊によるひび割れが発生する状態までの期間であり、舗装が供用できなくなる状態までの期間ではない。また、わだち掘れ、平坦性等の路面の性状あるいは排水性能、騒音低減性能等の路面の性能が保持される期間とは別のものである。2.2節で述べたように、一般的に表層の寿命は舗装構造全体の寿命よりも短く、構造の観点からの舗装構造全体の更新よりも頻繁に、サービス水準の観点からの表層の維持修繕が実施される。

図3.3.1に表層のパフォーマンスカーブを示す。同図の黒線は、維持を行わず表層の性能が管理限界に達してから修繕を行うという管理政策における舗装のパフォーマンスカーブを表す。実際の舗装管理においては、同図の赤線のように、道路あるいは区間毎に(すなわち、道

路管理者毎に), LCC 分析等により設定された管理目標に基づき, 供用性回復と劣化抑制(結果として, 舗装の延命)のための維持と修繕が戦略的に実施されている. 路面性状のうち, わだち掘れ等は緩慢に進行するため, 性能低下が予測の範囲内であることを定期的な路面性状調査により確認しつつ, 計画的に維持と修繕を実施することができる. 一方, 路面損傷のひとつであるポットホールが発生は予測できず進行も急激である. これが定期的な路面性状調査だけでなく巡回等の日常的点検が必要となる一つの理由である. ポットホール等により路面性状が突然に管理限界に達した場合には, 同図の青線のように, 対症的維持による緊急の性能回復が必要となる.



注) 赤字 A は予防的維持(性能回復, 劣化抑制), B および C は日常的維持(性能回復), D は修繕(性能回復, 劣化抑制)を表す. なお, 維持の区分(予防的維持, 日常的維持, 対症的維持)は米国連邦道路庁 FHWA (2005) の区分に拠った.

図 3.3.1 表層のパフォーマンスカーブ

### 3.3.2 施工直後および供用中の性能

#### (1) 日本における性能規定型維持管理契約

技術基準は, 性能確認の時点を施工直後および「施工直後の値だけでは性能の確認が不十分である場合においては, 必要に応じ」供用後一定期間を経た時点と規定している. これが, 交通の用に供する期間(維持管理段階)の性能の重要性によることは明らかである. 技術基準の性能規定化以降, 国土交通省の各地方整備局(以下, 「地整」という)の新規施策には, 維持管理段階の性能を重視し, それを効率的に確保する手段として維持管理業務の外部委託を活用するという思想が見受けられる. 2009年度から東北地整が試行導入した長期保証付き道路工事(日刊建設工業新聞, 2010a)では, 実態調査より耐用年数の平均値(13年)と主要な修繕理由(わだち掘れ)を明らかにした上で, 供用後13年で修繕目安30mmとなるよう性能基準を供用後5年のわだち掘れ量13mmとした. 実態調査結果によれば, この性能基準の達成率は94%である(前田, 2010). 排水性舗装を対象とした性能規定発注の試行により明らかとなったように, 実績の平均値を性能基準とした場合, 受注者は品質管理に一層の注意を払うため, 舗装の長寿命化は達成される. 長期的には平均値も改善される.

2011年度に東北地整が試行を開始した性能管理型舗装工事(新設の排水性舗装工事と維持管理工事の組み合わせ)は(建設通信新聞, 2011), 性能基準として供用後3年のわだち掘れ量とひび割れ率について実態の平均以下の値を採用している. 透水量については, 工事完了時の性能基準に実態の最低値, 供用後3年の性能基準に実態の平均値を採用している. また, 契約期間中に経年的に変化する透水量の性能基準に対し, 受注者が性能回復行為(路面洗浄)を戦略的に実施することを認めており, 性能基準を満足し性能回復行為が実施された場合, 性能に応じて維持費を支払うこととしている(八千代, 2011). 性能基準が実態の平均以下であると同時に性能回復行為への対価が支払われる場合, 受注者は初期費用を増加させてまで品質を向上させる必要がない. 当該契約により確認されることは, 日常的維持(路面洗浄は劣化抑制を期待できないので予防的維持ではない)による舗装の長寿命化である. また, 公的モニタリング用に経時的に変化する性能基準を定めた場合, 維持や修繕により性能回復がなされる度に, 新たなパフォーマンスカーブが始まることを考慮すべきである(図3.3.1, 赤線). なお, 舗装の寿命やサービス水準を議論する場合には, 性能毎の性能基準の存在が前提となる. 総価契約である性能規定型維持管理契約において受注者が予防保全戦略を採用することは, 受注者の自己責任であり説明責任も生じない. 一方, 道路管理者が高品質の舗装の建設も含め予防保全的な道路管理を実施する場合は, 税金の使途として最適であることをLCC分析等により正当化しなければならない. 従来標準よりも高性能(高品質)の舗装を求めることは初期費用の増加につながるからである. 業界も慣れていない制度の導入時には逆に性能基準を下げることもあり得るが, いずれの場合も従来標準を把握するためにはデータの蓄積が必要となる.

日本における瑕疵担保責任については, 民法の規定のほか, 公共工事では民法が定める瑕疵担保期間を短縮する形で公共工事標準請負契約約款の規定が適用されている. 民法上の請負契約における瑕疵担保期間は, 引渡しの時から1年であるが, 目的物が建物等の土地の工作物である場合には, 工作物又は地盤の瑕疵につき, 普通の工作物については5年, 石造, 土造, 煉瓦造又は金属造の工作物については10年とされている. 第637条では, 権利行使期間を1年としているところ, 第638条でその期間を延長しているのは, 土地の工作物については, ある程度期間が経過してから, 瑕疵が発見されることがあるからと説明されている. 建設工事, 特に公共工事は監督員の立会い, 検査等の元に施工されるものであり, 契約内容と不適合な部分が生ずる恐れは少ないうえ, 長期間経過すればそれが施工上の瑕疵か使用上の瑕疵かを巡って争いを生じ, 請負者を長期間不安定な地位におくことも過酷なことと考えられる. このため, 公共工事標準請負契約約款では, 瑕疵担保期間を木造の建物等の建設工事又は設備工事等の場合には1年に, コンクリート造等の建物等又は土木工作物等の建設工事の場合には2年に短縮することが望ましいとしている(瑕疵保証のあり方に関する研究会, 2005).

2010・2011年度に関東地整が試行した維持管理工事(日刊建設工業新聞, 2010b)の特徴は, 舗装維持, 巡回, 緑地管理, 路面清掃の包括的契約, 性能指標毎の性能基準とレスポン

スタイムに加えて実施頻度の規定、精算による支払額の変更である。路面清掃、緑地管理などの性能基準の定義が定性的な項目について毎度協議を行っており効率的でないことは発注者も認識しているが(角田, 2011), 単位延長あたりの拳大以上のゴミの数, 芝生の高さのように定量的な指標を用いるべきである。公共調達の場合, 国内の調達制度を無視できない。現在の積算規則は, 受注者が実施した仕事に投入された材料, 機器, 労働力の数量と単価に基づくインプットベースとなっている。この事例における精算変更と実施頻度の規定も, 先述した東北地整の事例で見られた性能回復行為への対価の規定も, この規則によるものである。性能規定型維持管理契約の特徴はパフォーマンスベースであり, 当該契約方式の活用にあたっては, 性能基準の達成度合いを出来高とみなす積算規則が前提となる。

日本で舗装の性能基準について論ずる場合, 性能指標の値や損傷の程度だけに着目することが多いが(日本道路協会, 2008), ポットホール等の発生を完全に防止することも, その時期を予測することも不可能に近い。不具合の発生を前提とし, 安全の障害となる不具合が発生した場合の一定時間内の処理を目標とすることが維持管理の基準としては実用的である。維持管理段階の性能基準について検討する場合, 損傷毎の補修閾値とレスポンスタイムを考慮すべきである。また, 定期的な路面性状調査だけでなく巡回等の日常的点検が必要であることについては既に述べたが, 公共施設の維持管理において管理瑕疵は重要な課題のひとつである。したがって, 管理瑕疵に関する制度が異なる環境の下での性能規定型維持管理契約を参考にする場合は注意が必要である。

## (2) 舗装の性能に係る内的要因と外的要因

舗装の性能規定の目的は, 建設段階においては舗装の品質を確保することによる舗装の価値(性能と寿命)の最大化であり, 維持管理段階においては道路利用者へのサービス水準の確保と維持管理費用の最小化である。

舗装の品質は内的要因(材料の品質, 工事の出来等)により決まるが, 舗装の性能低下の度合いは内的要因以外に外的要因(交通, 気象等)の影響を受ける。このため, 舗装の設計では供用中の外的要因が設計条件として与えられている。ここで, 議論を簡単にするため, 供用中の外的要因が一定で, かつ設計条件と一致する場合を考え, 任意の時点での舗装の性能  $P(t_i)$  が式(3.3.1)で表されるとする(図3.3.1, 黒線)。

$$P(t_i + \delta t) = P(t_i) - Q(M, W; t_i) \delta t \quad (3.3.1)$$

ただし,  $Q(M, W; t_i)$  は舗装の品質に起因する性能低下割合を表しており, したがって, 舗装の品質が高いほど  $Q(M, W; t_i)$  は小さくなる。  $Q(M, W; t_i)$  が性能非規定要因である材料の品質  $M$  と工事の出来  $W$  に左右されることは予想できても, それを記述することはできない。しかし,  $\{P(t_i) - P(t_i + \delta t)\} / \delta t$  を記述することはできる。なお, この方法が適用できるのは, 任意の時点での舗装の性能  $P(t_i)$  が客観的指標により立証(計測)可能であり, 短期間  $\delta t$  での性能の低下  $P(t_i) - P(t_i + \delta t)$  が観察可能であるという二つの条件が満たされる場合である。わだち掘れ量や浸透水量は両条件を満足するが, 疲労破壊輪数はいずれの条件からも外れる。

性能保証(ワランティ)とは、成果品が完全であること、そして不全の場合には受注者の責任で修理あるいは交換することを保証した条項である。TRB (2009)の定義では、ワランティ仕様書は性能仕様書の一種で、材料の品質と工事の出来に起因する瑕疵のみを対象とするものと、一定の性能基準を満足することを保証するものと、二つのタイプがある。舗装事業におけるワランティ期間は、前者で2~4年、後者で5~10年(短期)と10~20年(長期)である。長期供用性を施工直後に測定できる非破壊試験が存在しないため、舗装事業で用いられる性能仕様書はワランティ仕様書のみである。施工保証は受注者に初期欠陥の修正を求める。性能保証タイプでは、受注者は設計にも関与する。特に、長期の場合には計画的維持に関する規定も含まれる(Scott III et al., 2011)。

ワランティを適用できる性能の要件は、成果が受注者の管理できるもので定量的かつ計測可能であり、受注者が管理できない要因の影響は成果と区別できることとされている(Carpenter et al., 2003)。米国では、この条件を満たすアスファルト舗装の性能はわだち掘れ、平坦性、ひび割れ、摩擦であり、ポットホールは受注者の管理できない要因が引き起こすとされている(Scott III et al., 2011)。受注者の管理できない要因が存在する場合、任意の時点での舗装の性能  $P(t_i)$  は式(3.3.2)で表される。

$$P(t_i) = P(t_0) - \int Q(M, W; t) dt - \sum \delta P_e \quad (3.3.2)$$

ただし、 $\delta P_e$  は受注者の管理できない要因の影響を表しており、受注者の管理できない要因は供用期間中に不定期に発生するイベントとして扱っている。排水性舗装の性能である騒音値と浸透水量が低下する原因は空隙つぶれと空隙詰まりであるが、前者は受注者が保証すべき成果であり、後者は受注者の管理できない要因によるものである。供用中の道路での測定値から後者だけを分離することは困難であり、騒音値や浸透水量をワランティの対象とする場合には注意が必要である。

ワランティがLCCを減少させ発注者にとって有益であるとする背景には、受注者が自身のリスクとなる保証期間内の回復費用を低減するために製品の品質を高めるという前提がある(Carpenter et al., 2003)。これは、材料の品質  $M$  と工事の出来  $w$  を高めることで、施工直後の性能  $P(t_0)$  と供用中の舗装の品質に起因する性能低下割合  $Q(M, W; t_i)$  を改善することを指す。受注者の管理できない要因の影響がない場合、公的モニタリングの結果  $P(t_0) - P(t_i)$  により舗装の品質を確認できることは式(3.3.1)で明らかにした。受注者による自発的な補修が実施された場合、任意の時点での舗装の性能  $P(t_i)$  は式(3.3.3)で表される。

$$P(t_i) = P(t_0) - \int Q(M, W; t) dt + \sum \delta P_c \quad (3.3.3)$$

ただし、 $\delta P_c$  は受注者による自発的な補修の影響を表しており、受注者による自発的な補修は供用期間中に不定期に発生するイベントとして扱っている。この場合のモニタリング結果は舗装の品質の評価に用いることができない。また、受注者による自発的な補修が舗装の品質を改善する保証もない。Morian et al. (2005)によれば、予防的維持は日常的維持や対症的維

持とは異なり供用性回復だけでなく劣化抑制も期待されているが、構造的劣化が進行するより前に適用された場合のみ長寿命化に寄与する。この指摘も、式(3.3.3)で示したように、受注者による自発的な補修が舗装の品質を改善する保証はないことを示している。

### 3.3.3 海外における契約方式の性能規定化

#### (1) 革新的契約方式

##### a) 工事中の性能と供用中の性能

維持管理すべきストックの増大と予算の制約という厳しい環境下で、世界中の道路管理者が道路利用者へのサービス水準を確保しつつ維持管理費用を縮減するための手段を模索している。維持管理業務の外部委託における契約方式の改革もそのひとつであり、これらは従来型契約方式に対して、革新的契約方式と呼ばれている (Hancher, 2000) (Pakkala, 2002) (Segal et al., 2003) (Carpenter et al., 2003)。従来型契約方式では、発注者である道路管理者が工事の区間、期間、種類、方法を特定し、必要となる資材、機器、労務の数量と単価から積算した費用を予定価格として用意する。その上で、特定された工事内容に対し提示された入札価格が最低であり、かつ予定価格を下回る事業者に当該工事を委託する。このように、従来型契約方式はインプットベースである。これに対し、革新的契約方式はパフォーマンスベースである。革新的契約方式のうち価格と交通規制時間に着目した総合評価落札方式、インセンティブ付き契約、レーンレンタル契約は工事中の業績に着目している。なお、工事中の性能としては特に工事期間の長さ、およびその間の社会的損失に着目されている。これに対し、同じく革新的契約方式のうちワランティ、設計・施工・維持管理一括発注方式 (Design-Build-Operate-Maintain. 以下、「DBOM」という)、性能規定型維持管理契約 (Performance-Based Maintenance Contracting. 以下、「PBMC」という)は供用中の性能に着目している。

##### b) PBMC 等の得失

PBMC では、道路施設が有すべき性能の基準(以下、「性能基準」という)が定義され、性能基準の達成度に基づいて支払いがなされ、実施された作業の量は問題とされない。

PBMC の効果として既往研究が挙げているのは、1) 道路利用者の便益:事業実施に関する透明性の向上、道路状態の向上に伴う利用者満足度の向上等、2) 道路管理者の便益:管理者費用の縮減、直営業務(契約、検査、苦情受付等)の軽減等、および 3) 受注者の便益:独自の技術と戦略の使用による時間短縮と費用縮減、複数年に及ぶ資金の確保等、である。

PBMC 等の導入事例の多くで管理者費用の縮減が報告されているが (Porter, 2001) (Stankevich et al., 2005) (Zietlow, 2005) (Hyman, 2009) (Anastasopoulos et al., 2010) (Hoffman et al., 2010) (Pakkala, 2002)、その中には比較の対象が明確でないものもある。Ribreau (2004a, 2004b)は、北米における道路維持管理業務の外部委託を監査資料に基づいて事後評価した結果、費用分析の精度の問題として、1) 積算に不可欠な道路台帳や費用の実績が不備なため、変化や効果の有無を判定する基準となる値(ベースライン)が合理的で

ない、2) 契約管理に要する費用(取引費用)をコストとして認識していない、および 3) 直営業務の廃止に伴う費用(公有機材の処分、職員の転職支援等)を考慮していない、等を指摘した。この指摘を Segal and Montague(2004)は実態から乖離したものであるとして批判したが、外部委託について道路管理者ごとに個別の改善努力が必要である点については同意している。

Ribreau(2004a, 2004b)は、費用分析の精度の問題とともに、1)公共団体ではあり得ないストライキによる公的サービス停止、2) 道路管理者がサービス提供を担わざるを得ない偶発事態、および 3) アセットの評価と改善に関する知識及び技術の共有機会の減少をリスクとして指摘した。また Stenbeck(2006)は、直営業務の廃止および縮小による長期的な損失として、契約管理に不可欠な技術力の喪失と技術革新を生み出す機会の消失を挙げた。

## (2) 米国におけるアセットマネジメント契約事例

### a) プロジェクトの概要

道路の維持管理とは、舗装やトンネル等主要構造物の維持管理だけでなく、交通安全施設等の附属物の維持管理あるいは路面確保等の多種の内容を含む業務である。舗装管理の最適化、トンネル管理の最適化等の部分最適化でなく、道路全体をひとつの資産としてとらえ、予算制約の中で全体最適化を考える必要がある。近年、道路構造物の維持管理ツールとしてのアセットマネジメントシステムの導入に向けた検討が進められているが、道路利用者へのサービスの観点からは、構造物の計画的かつ効率的管理に加え、路面確保等の日常的な維持管理も配慮したアセットマネジメントが重要であると考えられる。また、道路構造物の今後の管理・更新等のあり方に関する検討委員会(2003)は、管理の高度化アプローチと言える総合的なマネジメントシステムをわが国の道路管理全体に普及させることの重要性を指摘している。しかし、広域かつ長期にわたるデータの蓄積を前提としたマネジメントシステムを地方道も含めた道路全体の維持管理に今すぐ導入できるとは考えにくい。戦略的代替案を幅広く検討すべきであろう。以上述べたように、維持管理業務の成果と効率及び道路利用者へのサービスを重視すれば、性能規定型維持管理契約がアセットマネジメントの有効な選択肢となる、と著者は考えている。

米国初の都市における性能規定型のアセットマネジメントプロジェクト”DC STREETS”が2000年6月に開始された。プロジェクトはコロンビア特別区(D.C.)交通局、連邦道路庁およびコンサルタントにより計画され、D.C.内における国道網 75mile $\approx$ 121km(340車線 mile 以上)のほとんどすべての資産の保全、維持及び修繕が、D.C.交通局から民間企業 VMS に委託された(FHWA, 2002)。プロジェクトは舗装、トンネル、橋梁といった主要構造物だけでなく、各種構造物(縁石、側溝、歩道、擁壁等)、人道橋、沿道植栽、交通安全施設(防護柵、標識等)等の資産も対象としていた。例えば、2,950集水ます、7mile $\approx$ 11.3kmの排水溝、450,000feet $\approx$ 137kmの縁石と側溝、109橋梁、4トンネルである(Segal et al., 2003)。

## b) プロジェクトの1年目評価

1年目評価の目的は性能基準に対して実際の道路がどのような状態にあるかを客観的かつ工学的に評価することであった。評価は実務者のチームによりなされ、任意に選定されたサンプル区間(最低でも抽出率10%)の道路が評価された。契約書に列挙された道路の状況に実際の道路が到達していれば100点として、道路の状態が評価される。契約1年目の成績は92点であり、高い評価を得ている(FHWA, 2002) (Dipompo and Robinson, 2001)。

性能基準は資産毎に定められた。すなわち、表3.3.1に示すように、舗装構造、トンネル等の維持区分は維持要素に細分され、維持要素に適した性能指標が選定された。さらに、表3.3.2に示すように、性能指標には5段階評価が可能な性能基準(Level of Service: LOS)が設定された。5段階評価のうち「Good: 4」の状態が性能基準を満足した状態である。資産目録作成と初期状態評価が1999年に実施され、このベースラインに基づき民間企業へのプロポーザル依頼がなされた。また、2000年にベースラインの見直しが行われている。ただし、兩年の評価とも、不具合が発生した場合の一定時間内の処理を目標とした「時間が決め手となる基準」は考慮していない。各維持区分及び各性能基準の相対的な重要性を表すための重みがプロジェクト開始時に算定された。これらの重みは実務者たちにより実施された詳細な評価演習の結果に基づいている。これにより、重みの総計が100となるよう、各維持区分に重みが割り当てられている。各性能基準に割り当てられた重みは、当該基準の他の基準に対する相対的得点の算出に用いられる。

表3.3.1 DC STREETSにおける[維持区分:舗装構造, 交通安全]に係る維持要素と性能指標

維持区分	維持要素	性能指標	LOS #
舗装構造	舗装路面	IRI: 施工後5年以内の道路	1
		IRI: 施工後5年以上の道路	2,3
		PCI: 施工後5年以内の道路	4
		PCI: 施工後5年以上の道路	5,6
		摩擦係数	7
		ポットホールあるいはブローアップの数	8-11
		わだち掘れの有無と深さ	12,13
		シールされていないひび割れ(ジョイントを含む)の数	14
	路肩	ポットホールあるいはブローアップの数	15-18
		車線と路肩の間の段差	19,20
マンホール	車道面とのズレ	21	
交通安全: 防護柵, 柵及び緩衝材	防護柵及び柵	機能上, 運用上及び構造上の完全性	41-43
	緩衝材	損傷	44,45
交通安全: 路面標示	路面標示, 区画線及び道路鋸	昼間条件及び夜間条件の下での視認性	138
		標示あるいは反射材の途切れ	139
交通安全: 標識	可変情報板を含む標識	昼間条件及び夜間条件の下で視認できかつ落書きのない標識	140-142
		構造的に健全な頭上標識	143-145
		昼間条件及び夜間条件の下で視認できかつ読みやすい標識	146,147
交通安全: 照明	道路照明及び標識照明	照明機能	148-153



表3.3.2 DC STREETSにおける[維持要素:舗装路面]に係る性能基準

性能指標	#	Excellent: 5	Good: 4	Fair: 3	Poor: 2	Very Poor: 1
IRI: 施工後5年以内の道路	1	IRI<110	110<IRI<181	181<IRI<250	250<IRI<320	IRI<320
IRI: 施工後5年以上の道路	2	IRI<181の舗装が10%以上の増加 または10%未満の増加	IRI<181の舗装が10%未満の減少 または10%未満の増加	IRI<181の舗装が10%未満の減少 または10%未満の増加	IRI<181の舗装が10%以上20%以下 の減少 IRI<250の舗装が10%以上20%以下 の増加	IRI<181の舗装が20%を超える減 少 IRI<250の舗装が20%を超える増 加
PCI: 施工後5年以内の道路	4	PCI>90	90<PCI<80	80<PCI<60	60<PCI<50	PCI<50
PCI: 施工後5年以上の道路	5	PCI>80の舗装が10%以上の増加 または10%未満の増加	PCI>80の舗装が10%未満の減少 または10%未満の増加	PCI>80の舗装が10%未満の減少 または10%未満の増加	PCI>80の舗装が10%以上20%以下 の減少 PCI<60の舗装が10%以上20%以下 の増加	PCI>80の舗装が20%を超える減 少 PCI<60の舗装が20%を超える増 加
摩擦係数	7	Skid Number > 45	45 >= Skid Number > 40	40 >= Skid Number > 35	35 >= Skid Number > 30	Skid Number <= 30
ポットホール あるいはプロ ウアップの数	8	安全の障害となるポットホールあ るいはプロウアップのすべてが通 報後4時間以内に除去されるか そのほとんどは3時間以内に除去 される	安全の障害となるポットホールあ るいはプロウアップのすべてが通 報後4時間以内に除去される	安全の障害となるポットホールあ るいはプロウアップの80%を超え るものが通報後4時間以内に除去 される	安全の障害となるポットホールあ るいはプロウアップの60%を超え るものが通報後4時間以内に除去 される	安全の障害となるポットホールあ るいはプロウアップの60%以下が 通報後4時間以内に除去される
	9	報告されたすべてのポットホール あるいはプロウアップの97%を超 えるものが通報後48時間以内に 修繕される	報告されたすべてのポットホール あるいはプロウアップの95%以上 97%以下が通報後48時間以内に 修繕される	報告されたすべてのポットホール あるいはプロウアップの85%以上 95%未満が通報後48時間以内に 修繕される	報告されたすべてのポットホール あるいはプロウアップの70%以上 85%未満が通報後48時間以内に 修繕される	報告されたすべてのポットホール あるいはプロウアップの70%未満 が通報後48時間以内に修繕され る
	10	ポットホールなし	64平方インチ(413cm)を超える ポットホールがない	64平方インチ(413cm)を超える ポットホールが0.1マイル(161m) 区間に1つある	64平方インチ(413cm)を超える ポットホールが0.1マイル(161m) 区間に2つある	64平方インチ(413cm)を超える ポットホールが0.1マイル(161m) 区間に3つ以上ある
	11	64平方インチ(413cm)未満かつ深 さ1インチ(2.54cm)未満のポット ホールが車線マイルあたり3つ以 下	64平方インチ(413cm)未満かつ深 さ1インチ(2.54cm)未満のポット ホールが車線マイルあたり4つ 以下	64平方インチ(413cm)未満かつ深 さ1インチ(2.54cm)未満のポット ホールが車線マイルあたり4つを 超え6つ以下	64平方インチ(413cm)未満かつ深 さ1インチ(2.54cm)未満のポット ホールが車線マイルあたり6つを 超え8つ以下	64平方インチ(413cm)未満かつ深 さ1インチ(2.54cm)未満のポット ホールが車線マイルあたり8つを 超える
わだち屈れの 有無と深さ	12	平均わだち深さが0.3インチ (7.6mm)以下	平均わだち深さが0.3インチ (7.6mm)を超え0.5インチ (12.7mm)以下	平均わだち深さが0.5インチ (12.7mm)を超え0.7インチ (17.8mm)以下	平均わだち深さが0.7インチ (17.8mm)を超え0.9インチ (22.9mm)以下	平均わだち深さが0.9インチ (22.9mm)を超える
	13	0.5インチ(12.7mm)を超えるわだ ちはすべて通報後1ヶ月以内に 再舗装されるかつそのほとんどは 3週間以内に再舗装される	0.5インチ(12.7mm)を超えるわだ ちはすべて通報後1ヶ月以内に 再舗装される	0.5インチ(12.7mm)を超えるわだ ちは稀な例外を除きほとんどが通 報後1ヶ月以内に再舗装される	0.5インチ(12.7mm)を超えるわだ ちは通報後1ヶ月以内に再舗装さ れることは稀である	0.5インチ(12.7mm)を超えるわだ ちは通報後1ヶ月以内に再舗装さ れることは決してない
シールドされて いないひび割 れ(ジョイントを 含む)の数	14	0.25インチ(6.4mm)を超えるひび 割れの90%がシールドされている	0.25インチ(6.4mm)を超えるひび 割れの80%がシールドされている	0.25インチ(6.4mm)を超えるひび 割れの70%がシールドされている	0.25インチ(6.4mm)を超えるひび 割れの60%がシールドされている	0.25インチ(6.4mm)を超えるひび 割れの60%未満がシールドされて いる

表 3.3.2 で注目すべきは以下の 5 点であろう。

- 1) 路面性状に関する基準が道路の供用期間に応じて設定されている(例えば, LOS#1 と LOS#2,3): 供用期間が短い舗装の路面性状は比較的良好であるがその程度は施工の良否に左右される。基準として平均的な数値を定めておき, これに大きくはずれた場合は施工の良否にその責任を帰することも考えられる。一方, 供用期間が長い舗装には路面性状が低下した区間が発生することは当然であり, 評価時点での状態で評価するのではなく, 前回評価時からの全体的な改善度合いにより維持管理のパフォーマンスを評価するのも一つの方法である。
- 2) 不具合の発生を前提とし, 不具合が発生した場合の一定時間内の処理を目標とした「時間が決め手となる基準」が設定されている(例えば, LOS#8): ポットホールが発生を完全に防止することも, その時期を予測することも不可能に近い。安全の障害となるポットホールは通報後 4 時間以内に除去されるという基準は管理の基準としても現実的である。なお, ここで言う除去は, LOS#9 の修繕と区別されており, 応急措置を含むものと考えられる。
- 3) 各基準の評価結果が 1 から 5 の整数で定量的に表現される: 性能指標の実測値(例えば, わだち深さが 10mm)を他の性能指標の実測値(例えば, IRI が 300)と比較することはできないが, 評価基準により 1 から 5 の整数が割り当てられれば比較が可能となる。
- 4) 性能標準を満足しない状態が想定されている: 5 段階評価のうち「Good: 4」の状態が性能標準を満足した状態であり, 「Fair: 3」以下の状態は標準を満足していない。性能標準が必ずしも遵守すべき補修基準というわけではないと考えられる。適合率でいえば日本の舗装の技術基準は適合率 100%を求めていた。既に述べたように, 建設段階の性能規定と維持管理段階の性能規定の違いである。
- 5) 性能基準の下限が設定されていない: 基準自体が, 通常有すべき安全性から規定される管理限界との関連性を求めていると考えられる。なぜなら, 舗装に起因する交通事故あるいは車両損害に関する道路利用者からの賠償請求がなされた場合, その道路が通常有すべき安全性を有していたかどうか争点となる。この議論は, そもそも当該道路の管理限界がどこにあるかを明確にしない限り決着しない。したがって, 管理限界との関連性がない性能基準を定める場合には, 誤解の無いよう, 最初にその旨を宣言すべきであろう。

1 年目評価では, 始めに各評価区間における所要の性能基準が採点された。性能基準毎に総点が計算され, 続いて維持区分毎に当該区分に関する性能基準の総点に基づき得点が計算された。さらに各区分の得点と割り当てられた重みを用いてプロジェクト全体の得点が 100 点満点で計算された。ここで, 100 点とは平均として性能標準が満足されていることを指し, 標準を超えている場合には 100 点を上回る。表 3.3.3 に示すように, 「%表示の得点」により各維持区分の平均の基準達成率を知ることができる。「重み付き得点」の合計, すなわちプロジェクト全体の得点は, 100 点満点で 92 点であった。参考までに, 各維持区分の「%表示の得点」が 100%の時の「重み付き得点」から各維持区分の「重み」を推定した。これがプロジェクトに対する各維持区分の相対的な重要性を表すものと考えられる。時間が決め手となる基準を

除いた集計を行うことで、1999、2000 両年の状態との比較が可能となり、プロジェクトによるパフォーマンスの向上の度合いが評価されている。1999 年からの各年の集計結果は、86 点、91 点、97 点であり、良好な進捗であることが伺える。

表 3.3.3 DC STREETS における1年目評価の結果

維持区分	%表示の得点	重み付き得点	(参考)重み
舗装構造	98%	9.63	9.8
車道清掃	80%	6.28	7.9
排水	110%	8.10	7.4
路側(縁石, 側溝, 歩道)	105%	7.62	7.3
交通安全:防護柵, 柵及び緩衝材	91%	7.20	7.9
路側清掃	94%	6.71	7.1
路側植栽	92%	6.06	6.6
橋梁	94%	8.36	8.9
トンネル	99%	9.20	9.3
交通安全:路面標示	96%	7.13	7.4
交通安全:標識	82%	5.80	7.1
交通安全:照明	68%	5.17	7.6
その他の資産:歩道橋, WIM 基地	86%	5.09	5.9
プロジェクト全体		92.34	100.2

表 3.3.3 で注目すべきは次の 2 点であろう。

- 1) 維持区分毎に得点が算出されている:抽出された評価区間毎に所要の性能基準が評価され、その結果に基づき、各基準の得点さらに各維持区分の得点が算出されている。評価の目的が、個別箇所の状態や改善度合いの確認にあるのではなく、プロジェクト全体の改善度合いの確認にあることを端的に表している。
- 2) プロジェクトに対する各維持区分の相対的な重要性に応じて重みが割り当てられている:プロジェクト全体の得点を上げるには重みの大きな維持区分の得点を上げることが得策であり、重要な資産の維持管理を優先するよう受注者を誘導することも可能となる。

### 3.3.4 性能規定型維持管理契約等を構成する概念

#### (1) 自国の法制度下での道路維持管理

前項までに確認したように、性能規定型維持管理契約(PBMC)の特徴は受注者の裁量拡大であり、そのために契約内容は複数年度とパフォーマンスベースを前提とした区間レベルの管理委託となっている。パフォーマンスベースであるため、損傷等の種類毎の補修閾値とレスポンスタイムを規定した性能基準および性能目標としての性能基準達成率を規定した定期検査基準が用いられている。このことは、新公共経営(NPM)の特徴である実施部局への権限委譲および実施部局の業務品質を保証するための管理規定の存在とよく一致している。これに対し、日本における調達制度には単年度主義とインプットベースの制約が存在する。インプットベースであるため、数量と単価に基づき支払額が決定される。維持管理行為としての工事や

作業の委託契約も工区・工期・工法が決められた事業レベルで行われる。さらに、2010・2011年度に関東地整が試行した維持管理工事では作業実績に応じた精算による支払額の変更が行われ、2011年度に東北地整が試行を開始した性能管理型舗装工事では受注者による性能回復行為への対価が支払われた。このように、現在の日本における調達制度にPBMCを導入することは不可能である。

道路法(昭和27年法律第180号)は第42条第1項において道路の維持修繕が道路管理者の義務であると規定している。しかし、道路維持管理は個別具体的な道路、交通、地域の状況と、利用できる財源、資源等に基づく道路管理者独自の判断基準に左右されるため、一般的技術的基準の適用はなじまない。さらに、道路管理者は国家賠償法(昭和22年法律第125号)第2条の管理瑕疵責任を問われる可能性がある。道路管理瑕疵とは、単に道路に物的な欠陥があるというだけではなく、道路の維持、修繕等の不完全により道路が通常有すべき安全性を欠いている状態をいう(本城と諸岡, 2010)。以上の事実が背景にあるため、現在の日本の道路は、ある程度の管理水準で維持されている。同時に、道路管理者は道路維持管理における新技術の導入や調達方式の変更について慎重にならざるを得ない。

## (2) 性能規定型維持管理契約等を構成する概念と効果との関係を分析する意義

1988年にカナダのブリティッシュ・コロンビア州で初めてPBMCによる外部委託が実施された背景に大規模かつ急速な人員削減の要請があった(Lund, 1996)ことから明らかなように、PBMC等は必ずしも完成された方法として導入されたわけではない。各道路管理者が自国の法制度の下で、時代の要請に応じ目的達成のための新たな観点を付け加えることで、契約内容を見直してきた。

図3.3.2に維持管理の改善の流れと外部委託の範囲を示す。海外におけるPBMCの場合、はじめに、道路管理者が維持管理の改善目的を例えばコスト縮減やサービス向上のように設定し、併せて目的達成のための観点を例えば性能規定や長期化のように設定する。次に、道路管理者は発注者として契約条項により、受注者の裁量拡大の方向性に当該観点を反映させる。この道路管理者による目的達成のための観点を反映させた受注者の裁量拡大の方向性を、本研究では、契約を構成する概念と呼ぶ。受注者には区間レベルの管理が委託され、中期道路網管理計画、今期事業実施予定および巡回、点検、利用者対応が受注者の裁量に委ねられる。PBMCの実施効果については多数の評価事例が存在するため、外部委託における実施効果と契約を構成する概念との関係を分析することが可能である。当該関係は、維持管理の改善目的と目的達成のための観点との関係として道路管理者への内部化が可能であり、業務の進め方の見直しに有用なものとなる。また、日本におけるPBMC等の本格的な導入を考える場合、道路管理者は工学的課題(性能基準の設定、性能評価等)の他に、いくつかの制度的課題を解決する必要がある。しかし、将来のPBMC導入を見通せば、当該関係の道路管理者への内部化は、そのために不可欠な準備ともなる。

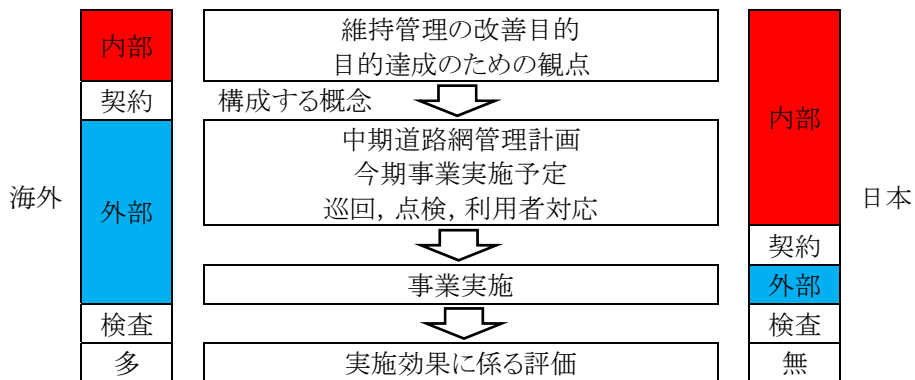
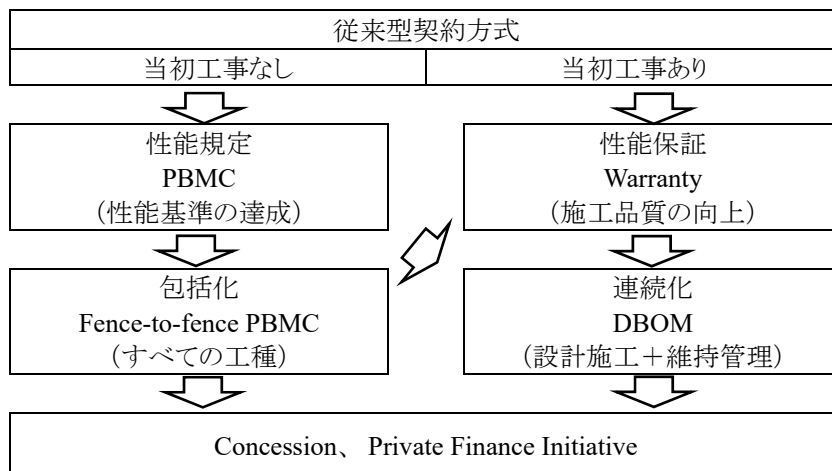


図 3.3.2 維持管理の改善の流れおよび海外・日本における外部委託の範囲

図 3.3.3 に PBMC 等の概念体系を示す。PBMC 等には、PBMC 以外にワランティや DBOM を含むものとする。従来型契約方式が工事や作業における工法や手順を具体的に規定した仕様規定であるのに対して、PBMC は道路施設が有すべき性能を規定した性能規定である。性能規定では性能基準の達成度に基づいて支払いがなされ、達成度が低い場合には支払額の減額もあり得る。ワランティとは、成果品が完全であること、そして不全の場合には受注者の責任で修理あるいは交換することを保証した契約であり、材料の品質と工事の出来に起因する瑕疵のみを対象とするものと、一定の性能基準を満足することを保証するものと、2 つのタイプがある。後者の概念を性能保証と呼ぶことにする。DBOM は、設計施工と維持管理を 1 者に委託することで、業務の連続化を実現している。また、PBMC が対象とする工種は単一の場合と複数の場合があるが、すべての工種を対象とする事例が増えている。この概念を包括化と呼ぶことにする。さらに、経年的な動向を見れば、いずれの契約方式も契約期間が長期化する傾向にある。ここで、以上の性能規定、性能保証、包括化、連続化、長期化の 5 つをもって PBMC 等を構成する概念として定義する。



注) いずれの契約方式においても契約期間の長期化が考えられる。

図3.3.3 PBMC等の概念体系

石ら(2007)は、性能規定型維持管理契約において、異時点の契約間に介在するペイオフ外部性(ある期間の契約の成果がそれ以降の維持管理費用に影響を及ぼすという動学的外部経済性)と事業者の私的モニタリングの可能性により、技術力の劣る事業者が契約を受注する、あるいは受注者が維持管理努力を怠る可能性があることを指摘した。そこでは、工事の出来や材料の品質のような、事後的に維持費用が増大したことが判明することから観察可能ではあるが客観的指標により立証することは難しい性能非規定要因を維持管理契約に契約条項として記述することは不可能であるとされ、ペイオフ外部性の内部化という観点からは長期契約の方が望ましいとされた。

### 3.3.5 対症的維持とレスポンスタイム基準の意義と改善

#### (1) 対症的維持の意義

道路管理者と道路利用者の道路管理評価の拠は異なる。限られた予算でネットワーク全体を永続的に管理する責任を有する道路管理者は、複数の代替案の中からLCC分析に基づき最適な実施計画を決定する等、道路管理において最適性を重視せざるを得ない。一方、受益者としての道路利用者は、利用時の満足性により道路管理を評価する。道路管理者がトンネルと橋梁をアセットマネジメントの中核に位置づけているのに対し、道路利用者は舗装や附属物のような道路利用者と道路の接点となる施設(HRIF)の供用性に敏感である。その水準が満足できるものでない場合、現状への苦情あるいは供用性向上(回復)の要望が道路管理者に寄せられることになる。このことは、HRIFの対症的維持における遅延や不足は、道路利用者の満足度を低下させ、延いては市民と道路行政の信頼関係を損なう可能性があることを示している。

対症的維持の目的である供用性回復は道路利用者の評価の拠である満足性と直結しており、HRIFを対象とした場合にはその効果が実感されやすい。特に実施箇所が通報された場所と一致する場合、道路管理者による迅速な対応として高く評価される可能性がある。道路管理の現場における市民と道路行政との接点は少なく、道路利用者による通報を受けて実施される対症的維持は、道路行政と市民の信頼関係を改善する好機と見ることができる。道路行政に対する市民の理解を深め、支持を高めることを目標とするのであれば、対症的維持における通報者の満足度向上を軽視できない。

対症的維持は「故障した施設の修繕、交換及び安全かつ正常な状態への復旧であり、原則として、予定されたものでなく、不測の故障あるいは損傷への対応」と定義されている(WISDOT, 2004)。不測の故障あるいは損傷への迅速な対応の観点からは、故障・損傷等の発生から発見・通報までの時間と通報から道路管理者による対応が完了するまでの時間を合わせた総時間の短縮が対症的維持における目標となる(TRB, 1991)。故障・損傷等が発生した時点の特定は不可能な場合が一般的であり、発生から通報までの時間は正確な計測が保証されずパフォーマンス指標の要件の一つを欠いているが、通報から道路管理者による対応が完了するまでの時間は目標設定と実績評価が可能なパフォーマンス指標となり得る。これが

レスポンスタイムである。

表 3.3.4 に米国 Fort Wayne 市におけるレスポンスタイムの短縮に係る成功事例の概要を示す。自治体が効率の良い行政組織へ変わる努力を続けていることを首長が住民にアピールするために、目につきやすいサービスであり住民の大きな関心事であるポットホール（ポットホール）の修繕が対象となった。ポットホールに関する苦情が激減していることから、レスポンスタイムの改善が顧客満足度の向上に有効であることがわかる。

表 3.3.4 米国 Fort Wayne 市におけるレスポンスタイムの短縮

自治体	Fort Wayne 市 (Indiana 州)
時期	2000 年から
対象	ポットホールの修繕 (目につきやすいサービスであり住民の大きな関心事であることが採択の理由)
目標	通報後 24 時間以内に修繕されたポットホールの割合: 77% → 97%
手順	客観的データに基づき問題の特徴を正確に把握 (例, 多発地域の特定) 客観的データに基づき成功事例の特定, その理由の究明, さらにその方式の全体への適用 (例, 行政窓口から現場担当者への情報伝達の迅速化)
対策	住民からの通報手段の拡充 (電話, 携帯電話, インターネット) 夜間作業を可能にする特殊照明を補修機器に装備
結果	通報後 24 時間以内に修繕されたポットホールの割合: 77% → 99.6% 平均対応時間: 21 時間 → 3 時間 ポットホールに起因する損害賠償請求の平均: US\$3,000 → US\$1,000 ポットホールに関する苦情の激減

参考文献) Wrbican (2005) および Richard (2005)。

## (2) レスポンスタイム基準の意義

米国の州レベルではレスポンスタイム基準を定めているところは少なく、信号機に関しては 6 州、規制標識に関しては 4 州、路面の変状（ポットホール等）に関しては 3 州との報告もある（WISDOT, 2004）。一方、市郡レベルで独自の基準を定めている自治体も少なくない。表 3.3.5 に示すように、レスポンスタイム基準には、すべての事例に共通するものではないが 3 つの特徴を見ることができる。1) 対症的維持には人員の派遣、現場の確保、損傷等の診断、道路利用者への情報提供等、修理による施設の原状回復とこれらに付随する行動が含まれ、そのいずれかあるいはいくつかについてレスポンスタイムが規定されている。2) 道路、交通、地域の状況に応じ段階的に設定されている。3) 損傷の程度、交通への影響の程度、残存機能の有無に応じ段階的に設定されている。

表 3.3.5 海外におけるレスポンスタイム基準の例

施設等	事例
舗装 (ポットホール)	Virginia 州:安全を脅かす場合直ちに, その他の場合 2 日 Washington, DC:3 日(72 時間) Rutland 郡(UK):深さ 25mm 以上あるいは大きさ 200mm 以上 1 日 Galway 郡(Ireland):国道等(日交通量 5,000 超)2 日, 地域道路(同 3,000-5,000)5 日, 地方道路の主要なもの(同 250-2,999)10 日, 地方道路(同 250 未満)20 日
防護柵	Virginia 州:損傷が激しい場合 2 日, 損傷はあっても機能している場合 1 週間 Indiana 州:5 日 West Virginia 州:高速道路で機能していない場合直ちに警告装置を設置し可及的速やかに修理, 高速道路で機能している場合翌日警告装置を設置し 60 日以内に修理, 国道及び路線(日交通量 6,000 超)で機能していない場合翌日までに警告装置を設置し 30 日以内に修理, 機能している場合翌日警告装置を設置し 60 日以内に修理, 路線(同 1,000-6,000)で機能していない場合翌日警告装置を設置し 60 日以内に修理, 機能している場合 90 日以内に修理, 路線(同 1,000 未満)で機能していない場合必要に応じ警告装置を設置し 90 日以内に修理, 機能している場合 120 日以内に修理
規制標識 (STOP 等)	New Mexico 州:都市部 1 時間(勤務時間外 1.5 時間), 地方部 1.5 時間(同 2 時間) New Jersey 州:2 時間 Virginia 州:人口稠密地域当日内, 補助幹線道路 24 時間 Rhode Island 州, British Columbia 州(Canada), Washington, DC:24 時間 Rutland 郡(UK):2 日
その他の標識	British Columbia 州(Canada):2 日から 7 日 Washington, DC:駐車標識 60 日, 街路名標識 45 日 Rutland 郡(UK):14 日(指示標識, 警戒標識)
信号機	Rhode Island 州:勤務時間内直ちに Indiana 州, New Jersey 州:2 時間 Virginia 州:2.5 時間 Portland 市(Oregon 州):1 時間から数日 Peoria 市(Illinois 州):平日 24 時間, 週末 72 時間

参考文献) WISDOT (2004) および各自治体のホームページ。

表 3.3.6 に示すように, レスポンスタイム基準の用途は 3 つに分類できる. 1) 行政のサービス目標(管理規則):行政所管課の責務であると明言している事例等. 2) 維持管理を外部委託する際の契約条件:レスポンスタイムに遅れた場合は報酬を減額する事例等(レスポンスタイムを規定する際, 道路管理者は過度に迅速な対応を要求しがちであるが, 時間と費用との適切なバランスを考慮することが必要であることを連邦道路庁(FHWA) (2002a) が指摘している). 3) 行政と住民とのコミュニケーション:通報した住民に修理に要する時間を回答する事例, 通報した住民に付与した受付番号から行政による案件処理の進捗状況を追跡する事例等.



表 3.3.6 海外におけるレスポンスタイム基準の用途

用途・目的	事例
行政のサービス目標(管理規則)	<p>Mississippi 州: 交通技術課の責務として、信号技師は休日も含め 24 時間修理できるように待機、信号機故障の通報があれば信号技師を派遣、24 時間以内に信号技師による修復あるいは緊急修理。</p> <p>Rhode Island 州: 信号機の故障に対し、勤務時間内は直ちに対応、勤務時間外は 15 分以内に本部に連絡し 45 分以内に対応。</p>
維持管理を外部委託する際の契約条件	<p>Florida 州: 受注者は、休日を含む毎日 24 時間、非常事態の通報後 15 分以内に対応開始、60 分以内に現場到着(未着の場合は報酬減額)。</p> <p>Lincolnshire 郡(UK): 受注者は、非常事態の通報後 1 時間以内に現場到着、標識・信号機等の交通安全施設を 24 時間以内に修理。</p> <p>British Columbia 州(Canada): 受注者は、欠陥の発見あるいは通報から 24 時間以内に標識システムの洗浄・修理・移動を完了。</p>
行政と住民とのコミュニケーション	<p>Washington, DC: ポットホールの充填を電話あるいはインターネットで要望した住民に受付番号を付与、基準通り(3 日以内)に修繕が完了しなかった場合は市長ホットラインにクレーム。</p> <p>Peoria 市(Illinois 州): 信号機の故障について通報した住民に修理に要する時間(平日 24 時間、週末 72 時間)を回答。</p>

参考文献) WISDOT(2004), MDOT(2001), FDOT(2001) および各自自治体のホームページ。

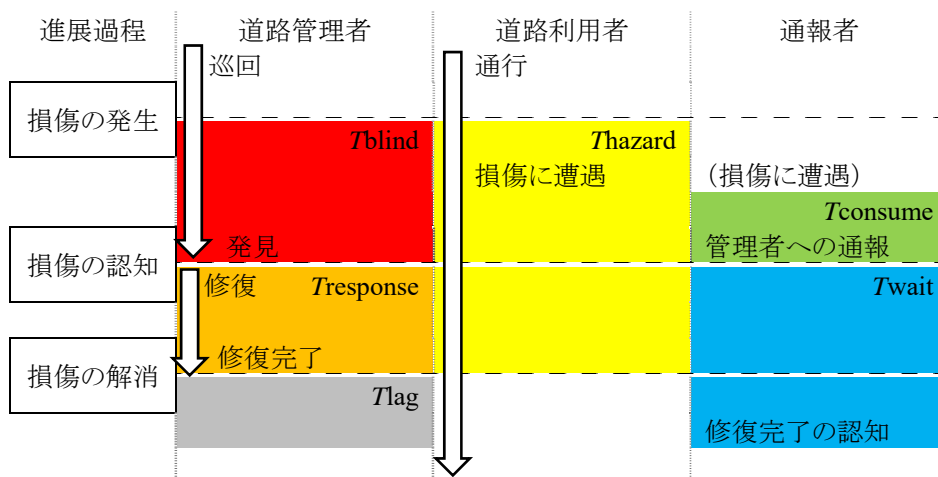
以上の分析結果を踏まえ、わが国においてパフォーマンス指標としてのレスポンスタイムを効果的に活用するための方法について論じる。道路維持管理の課題は、迅速かつ安価な補修工法等の技術的なものから、サービス・基準類の性能規定化等の制度的なもの、あるいは管理責任・管理瑕疵等の法律的なものまで多岐にわたるが、以下の二つの領域において当該指標の導入が有効であると考えられる。

ひとつは、住民満足度の向上と情報収集のための住民参加である。道路管理者は、施設の損傷に応じた的確で迅速な対応により、安心・安全で、快適な道路交通を確保しなければならない。このため、道路利用者、沿道住民からの早期の発見通報を積極的に受け付ける仕組みを構築する必要があり、例えば、国土交通省は道の相談室(国土交通省, 2005)、道路緊急ダイヤル(国土交通省, 2006)と、その仕組みの拡充を続けている。住民参加の促進のためには各施設の管理基準(補修閾値)とレスポンスタイムの公開が有効である。これは行政の透明性の確保にもつながる。また、行政サービスの向上は管理基準の引き上げとレスポンスタイムの短縮により評価できる。

もう一つは、行政のスリム化と経費縮減のための外部委託である。ここでは、性能規定型維持管理契約(PBMC)を例にとる。PBMC は、道路の最低限の条件を定義し、定義されたパフォーマンス基準にどれだけ達しているかに基づいて支払額を決定し、受注者により実施された作業やサービスの量は問題としない。このため、新技術の導入による費用の縮減、維持作業を実施すべき道路の選定に関する透明性の向上等のメリットから、海外において採用されその成功事例が報告されている。しかし、当該契約方式には受注者による最低限の水準のサービスしか提供されないというリスクも指摘されている。当該契約方式の採用にあたりレスポンスタイム基準を契約条件に加えることで、住民に配慮した維持管理の実施を受注者に期待できる。

### (3) 対症的維持の進展過程と改善目標

対症的維持は、狭義には故障・損傷等の発見あるいは通報から修復が完了するまでの道路管理者の業務を指す。しかし、その業務を道路利用者の視点で改善するには、図3.3.4に示すように、損傷の認知から解消までの段階だけでなく、損傷の発生から認知までの段階を含む対症的維持の進展過程を検討領域としなければならない。道路利用者の安全の観点からは、危険物である損傷が存在する時間(*Thazard*)を短縮する必要がある。*Thazard*は損傷の発生から認知までの時間(*Tblind*)と損傷の認知から解消(修復の完了)までの時間(*Tresponse*)の和であるから、それぞれの短縮が改善目標となる。一方、損傷の認知は道路管理者が行う巡回による発見だけでなく、損傷に遭遇した道路利用者から道路管理者への通報によってもなされるため、通報者が通報に費やす時間(*Tconsume*)の短縮は*Tblind*の短縮に直結する。同時に、*Tconsume*の短縮は通報者の満足の上昇、少なくとも不満の軽減に資するものである。通報者は*Tconsume*に続けて通報者による通報から修復完了の認知までの待ち時間(*Twait*)を経験する。一般的に、修復の完了から通報者により認知されるまでの時間(*Tlag*)が存在するため、*Twait*は*Tresponse*と*Tlag*の和となる。*Tresponse*の短縮については既に改善目標としているため、*Tlag*の短縮を改善目標として追加する。発見・通報から道路管理者による対応が完了するまでの時間がレスポンスタイムであり、修復完了をもって道路管理者による対応完了とすることが多い。したがって、*Tlag*の短縮を改善目標とすることには通報者の満足度の観点から意義がある。



注) 時間を色分けした。

*Tblind*: 損傷の発生から認知までの時間,

*Tresponse*: 損傷の認知から解消(修復の完了)までの時間(レスポンスタイム),

*Tlag*: 修復の完了から通報者により認知されるまでの時間,

*Thazard*: 危険物である損傷が存在する時間,

*Tconsume*: 通報者が通報に費やす時間,

*Twait*: 通報者による通報から修復完了の認知までの待ち時間。

図 3.3.4 対症的維持の進展過程における関係者と時間

道路管理者が維持管理業務の改善すなわち効率向上を検討する場合、コスト縮減と所要時間短縮という2つの目標を設定する。これらの目標は互いにトレードオフの関係にあり、道路管理予算の削減が目標とされる状況では、所要時間を許容範囲内にコントロールしつつコスト縮減を図るというアプローチがとられる場合もある。しかし、事情の異なる道路管理者による検討の領域を制限しないよう、ここでは、コスト縮減と所要時間短縮の両方を改善目標とする。これらの目標は道路管理者の視点から導かれたものであるが、納税者あるいは受益者としての不特定の道路利用者の視点からも改善目標として成立する。所要時間の短縮については上で述べたとおりである。コスト縮減の観点からは、巡回費用の縮減と修復費用の縮減が改善目標となる。

#### (4) 対症的維持の改善方策の枠組み

表3.3.7のように2段階の進展過程と3つの視点からなる枠組みを、改善策を検討するためのひとつの枠組みとして提案する。道路管理者の必要に応じ、時期と関係者および目標が具体化されたそれぞれの小領域においていくつかの改善方針が定められ、その方針毎にいくつかの改善策が案出されることを意図している。提案した枠組みが新たな改善策の検討を支援する枠組みとして機能することを検証するために、同表では、既存の効率向上方策および道路利用者の利便性向上方策との適合性を確認している。

表 3.3.7 対症的維持の改善策の枠組み

視点 段階	道路管理者(コスト縮減)	道路利用者(時間短縮)	通報者(時間短縮)
損傷の発生から認知まで	目標:巡回費用の縮減 改善方針の例: ・巡回方策の検討(巡回頻度, ネットワークレベル) ・巡回業務の民間委託	目標: $T_{blind}$ の短縮 改善方針の例: ・道路利用者の協力(他部局職員, 他機関職員, 住民, 企業, 協力の呼び掛け) ・問題発生予測(多発地点, 監視カメラ, 情報の共有)	目標: $T_{consume}$ の短縮 改善方針の例: ・通報手段の充実(24時間, 路側) ・管理者窓口の連携(ワンストップサービス) ・位置特定の容易化(路側) ・通報受付の通知
損傷の認知から解消まで	目標:修復費用の縮減 改善方針の例: ・作業標準の策定(工種, 資材, 人員配分) ・外部の工事計画の考慮(情報の共有) ・修復業務の民間委託(性能規定型)	目標: $T_{response}$ の短縮 改善方針の例: ・手順の定型化 ・資機材の効率的配置	目標: $T_{lag}$ の短縮 改善方針の例: ・修復完了の通知 ・レスポンスタイム基準の公開(補修閾値, レスポンスタイム)

表3.3.7に例示した改善方針と改善策について概説する

**a) 目標:巡回費用の縮減**

巡回方策の検討. 故障・損傷等に起因する交通事故発生等のリスクと巡回費用等の間には, 巡回頻度を介してトレードオフの関係が存在する. リスク管理指標としては, 故障・損傷等の数, それらが放置された間に遭遇した交通量等の指標が考えられる. なお, 道路管理者は複数の路線を同時に管理しており, 巡回経路の設定と巡回頻度等を同時に考慮した巡回方策をネットワークレベルで検討することが必要となる(貝戸ら, 2007).

巡回業務の民間委託. 次に述べる修復費用の縮減のための性能規定型維持管理契約により巡回業務のコストを縮減するという選択もある.

**b) 目標:修復費用の縮減**

作業標準の策定. 直営形式による修復を行う場合, 各事務所の行政需要と関連する数値データ(道路延長・構造物数等)に基づき, 同時に沿道利用等の地域特性も考慮し, 各事務所の業務量に応じた人員を配分することが望ましい(大堀ら, 2008). 道路区分と損傷の種類・程度等から決まる補修基準を設ける. 補修工法を費用対効果別に数種類用意しておくことで, 迅速な対応の中でも, 状況に応じ最適な工法を選定できる.

外部の工事計画の配慮. 同じ道路管理事務所であっても修繕の担当者と維持の担当者が別であることは珍しくない. 一般的に道路占用工事に関する担当者も別である. 工事計画を共有するシステムがあれば, 近い将来に工事が予定されている区間の維持工法に急急的で安価なものを採用する等, コスト縮減を図ることができる.

修復業務の民間委託. 直営形式によらない修復として, ここでは性能規定型維持管理契約を例にとる. この方式は, 新技術の導入による費用の縮減, 維持作業を実施すべき道路の選定に関する透明性の向上等のメリットが期待できる. 当該方式の採用にあたりレスポンスタイム基準を契約条件に加えることで, 住民に配慮した維持管理作業の実施を受注者に期待できる.

**c) 目標: 損傷の発生から認知までの時間( $T_{blind}$ )の短縮**

道路利用者の協力. 他部局職員の通勤・出張あるいは他機関職員のパトロール等の通常業務に伴う道路利用の機会に着目し, 道路の異常に関する情報提供について事前に協力を要請することが行われている(TRB, 1991). 国土交通省が, 例えばロードレポーター, ロードパートナーの名称で, 国道利用頻度が高い企業・団体・個人から道路に関する異常等の情報を提供してもらい取り組みを行なっている. 道路管理者が道路利用者・地域住民に対し示すべきは, 苦情・要望等を受け付けるという待ちの姿勢でなく, 情報をお寄せくださいという呼び掛けの姿勢であることが指摘されている(TRB, 1991).

問題発生の予測. 道路区間の中には, 局所的な道路条件や環境条件により, リスクが突出する区間が存在する. このような道路区間に対しては, 例えば監視カメラを設置する等, 重点的なリスク管理が必要となる. 複数の手段で別個に得られる情報を活用し課題を迅速に処理

するには、巡回業務の担当者と外部からの情報に対応する担当者が、故障・損傷等の多発地点、苦情・要望の内容と処理状況等に関する情報のデータベースを共有することも有効な方策となり得る。当該箇所特有の事情を含め対症的維持の実績データを蓄積し活用することで、次回の問題発生を予測し、迅速に対応することが可能となる。

**d) 目標: 損傷の認知から解消(修復の完了)までの時間( $T_{\text{response}}$ )の短縮**

手順の定型化. 作業と手順の定型化をしておくことで、深夜・休日等の責任者不在の場合であっても、報告・評価・判断プロセスの省略と簡略化による時間短縮が可能となる。

資機材の効率的配置. 定型化された作業で使用する資機材を管内に効率的に配置しておく、あるいは巡回車両に搭載しておくことにより、作業開始までの時間を節約できる。

**e) 目標: 通報者が通報に費やす時間( $T_{\text{consume}}$ )の短縮**

通報手段の充実. 24 時間専用回線やフリーダイヤルに加え、FAX、インターネット等の通報手段を充実させる。国土交通省のロード・セーフティステーションは、国道の要所に点在し道路利用者が立ち寄りやすいコンビニエンスストア、ガソリンスタンド等を情報中継拠点として、道路の異常等の情報をそこから即時に当該国道を管理している国道事務所に連絡する仕組みである。

管理者窓口の連携. 現在利用している道路の管理者を道路利用者が特定することは困難な場合が多い。また、道路標識はその種類により道路管理者以外の者が管理するものもある。国土交通省は 1989 年に標識 BOX (標識意見箱) (建設省, 1989), 1998 年に道の相談室(国土交通省, 2005), 2005 年に道路緊急ダイヤル(国土交通省, 2006)と、道路利用者・沿道住民からの通報を受け付ける仕組みの拡充を続けている。その仕組みでは、国や地方といった道路の管轄を問わず、あらゆる道路についての通報・苦情等に対して一回の電話で受付が済むよう、管理者が密接な連携を取りながらワンストップサービスを提供している。

位置特定の容易化. GPS 搭載携帯電話、カーナビゲーション・システム等の情報通信機器により一般の道路利用者が位置を特定する手段は増えているが、路線番号、キロポスト、交差点名の表示等、道路管理者による位置特定の容易化も重要である。

通報受付の通知. FAX やインターネットにより通報がなされた場合、通報者が受付担当者と話す機会はなく、通報が受け付けられたことを通報者は確認できない。通報受付完了の事実を通報者に通知する手順・作業の定型化が必要である。1989 年に建設省(現、国土交通省)が開始した標識 BOX (標識意見箱)は、「利用者からの意見の送付は、原則として、封書、葉書によるものとし、寄せられた意見に対しては、意見を受理した旨および今後の改善、検討の手続きを連絡する(建設省, 1989)」こととし、フォローアップの手順を確立していた。

**f) 目標: 修復の完了から通報者により認知されるまでの時間( $T_{\text{lag}}$ )短縮**

修復完了の通知. 通報者へのフォローアップがない場合、通報した箇所を再度通行するま

で通報者は修復が完了したことを確認できない。修復完了の事実を通報者に通知するための手順・作業の定型化が必要である。表 3.3.8 は、建設省・国土交通省による通報受付窓口について整理したものである。先に述べたように通報受付の通知を表明した標識 BOX(標識意見箱)を含め、修復完了の通知について言及した施策は見当たらない。この事実は、実際の道路管理において修復完了の通知が困難であることの証左であると同時に、次に述べるレスポンスタイム基準の公開の重要性を示唆するものである。

レスポンスタイム基準の公開。上で述べたように修復完了の通知を行うことが困難である場合には、補修閾値とレスポンスタイムよりなるレスポンスタイム基準を公開することを検討すべきである。補修閾値とレスポンスタイムの公開は、住民参加を促進させるとともに、行政の透明性の確保にもつながる。また、行政サービスの向上は補修閾値の改善とレスポンスタイムの短縮により評価できる。

表3.3.8 建設省・国土交通省による通報受付窓口

施策名	標識BOX(標識意見箱)	道の相談室	道路緊急ダイヤル
開始年度	1989	1998	2005
施策の目的	道路標識に対する利用者の意見を道路標識の適正な整備に反映。	道路行政と国民の接点。	道路利用者からの緊急通報に対して迅速に対応。
連携機関	地方建設局、都道府県、政令指定市、道路関係4公団、都道府県警察。	本省道路局、地方整備局。	地方整備局、高速道路会社、地方自治体。
受付と応答(当初)	利用者からの意見の送付は、原則として、封書、葉書によるものとし、寄せられた意見に対しては、意見を受理した旨および今後の改善、検討の手続きを連絡。	フリーダイヤル”0120-106-497”(フリーダイヤルによる受付は、2013年6月末に終了)。	わかりやすい4桁番号(#9910)、道路管理者へ直接取り次げる対話型自動応答装置(IVR)、24時間対応、無料。
受付と応答(2016現在)	通報手段は、インターネットと携帯電話(メール)にも拡大。	一般的な相談・問い合わせについて、平日昼間のみの対応。電話、FAX、インターネット。	2005年3月より九州地方で先行導入していたものを同年12月より全国展開。

### 3.4 複合的評価のための複合指標

#### 3.4.1 複合指標の利用と複合指標化の方法

##### (1) 複合指標の意義と作成手順

OECD(2008)は、個別の指標群が基礎的なモデルの下で単一指標にまとめられたものを複合指標と定義している。単一指標では表現できないはずの多元的概念を測定する複合指標は、環境、経済、社会開発といった複雑な分野における各国の実績の比較、順位付けを可能にする。複合指標は、政策分析および公的コミュニケーションのツールとしての有用性を増しつつある。ただし、その活用については表 3.4.1 に示すように賛否両論である。表 3.4.2 に示すように、複合指標は 10 段階の手順を経て作成される。次元の異なる指標群を無次元化し比較可能にする操作には正規化、尺度化、評点化等の用語があてられている。EU(2014)は OECD の手順を参考にしている。

表 3.4.1 複合指標の賛否両論

賛成意見	反対意見
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 複雑で多元的な現実を要約することで意思決定者を支援できる。</li> <li>● 別個の指標群よりも解釈しやすい。</li> <li>● 各国の経時的発展を評価できる。</li> <li>● 内在する情報を損なうことなく目に見える指標の数を減らす。それにより、指標の数を増やすことなく、より多くの情報を包含できる。</li> <li>● 国別の課題と進展を明らかにする。</li> <li>● 市民やメディアとのコミュニケーションを容易にし、説明責任を果たす。</li> <li>● 専門家でない聴衆への説明の基礎となる。</li> <li>● 複雑な次元を効果的に比較できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 作成上の欠点や解釈上の誤りがあれば、判断を誤らせるメッセージとなりかねない。</li> <li>● 極端に単純化した決定を招きかねない。</li> <li>● 作成過程が不透明な場合や原則が統計的あるいは概念的に不健全である場合、恣意的に使用されかねない。</li> <li>● 指標と重みの選定は論争の題材となり得る。</li> <li>● 作成過程が不透明な場合、重大な欠陥を隠し、改善に必要な行動の特定を困難にしかねない。</li> <li>● 測定が困難な要素(次元)が無視された場合、不適當な結論に導きかねない。</li> </ul>

表 3.4.2 複合指標の作成手順

	段階	要点
1	Theoretical framework 理論の枠組み	目的適合性の原則の下で変数を選定し意味ある複合指標に組み立てる基礎を与える(この段階で専門家や意思決定者を巻き込む).
2	Data selection データの選定	分析の健全性, 測定可能性, 普及率, および測定している現象への関連性に基づく. データが不十分な場合は代理の指標の使用を考慮する(この段階で専門家や意思決定者を巻き込む).
3	Imputation of missing data 欠けているデータの帰属計算	単一のあるいは多数の帰属計算により, 完全なデータセットを提供する.
4	Multivariate analysis 多変量解析	データセットの全体構造を調査し, 適合性を評価し, 続く方法論的選択を導く(例えば重み付け, 集成).
5	Normalisation 正規化	変数を比較可能にする.
6	Weighting and aggregation 重み付けと集成	理論の枠組みに沿って行う.
7	Uncertainty and sensitivity analysis 不確実性と感度分析	特定の指標の加除, 正規化の体系, 欠けているデータの帰属計算, 重みの選択, 集成の方法等に関しての複合指標の強健さを評価する.
8	Decomposition into the underlying indicators 根本的な指標への分解	業績の良否を決定する主要因を明らかにする. 透明性が良好な分析と決定のための基本原則である.
9	Links to other indicators 他指標へのリンク	複合指標(あるいはその次元)を既存の(単一あるいは複合)指標と関連させるとともに, 回帰を通して関連性を特定する.
10	Visualisation of the results 結果の可視化	可視化により説明能力が向上する.

## (2) 評点化と重み付け

Bai et al. (2008)によれば, 評点化の方法には客観的なものと意思決定者の選好に基づくものがある. 客観的評点化方法には, 例えば平均旅行速度に対し単調に増加あるいは減少する関数を仮定した線形法, IRI (国際ラフネス指数)の変化に対し正規分布を仮定し Z スコアで評点化する方法, 衝突による死亡率に対しベータ分布を仮定し累積確率分布関数を用いる相対的位置づけを行う方法, 各評価基準に対し設定された目標値からの乖離の目標値に対する割合による方法等がある. 選好に基づく評点化方法は, 施設レベルの望ましさに対する主観的判断に基づくもので, 不確実性を考慮しない場合に例えば舗装の PSI に対し 5 段階の主観的評点である PSR を割り当てるような直接評点法等があり, リスクを考慮する場合に生起確率に関する評価を評価者に委ねる直接質問法等がある.

Bai et al. (2008)によれば, 重み付けの方法には, 評価基準の重要度に応じた順位付けを重みに変換するランキング法, 評価基準の重要度に応じた評点を重みに変換する直接評点法等がある. 最終目標, 評価基準, 代替案といった要素によって形成される階層構造において, 上位要素に対する下位要素に関する一対比較を行うことで得られるペア比較マトリックスの固



有ベクトルとして、各階層の要素間の重みを導出する階層分析法 (Analytic Hierarchy Process: AHP) もこれに含まれる。AHP は各評価基準の尺度が異なる場合や、定性的評価基準が含まれる場合にも適用できる。重み付けは、評価者の主観あるいは恣意性、指標、アンケートの方法等により結果が左右されることもあり、完全な方法は存在しない。複合指標を適用するに際しては、指標と重みの選定の根拠となる論理的枠組を構築した上で、アンケート調査を反復して結果の収束を図るデルファイ法を用いるとともに、複数の方法による結果の平均値を採用することが提案されている。また、OECD (2008) によれば、多視点に配慮して多くの利害関係者の巻き込み、中立的なコンサルタントの採用、複数の専門家による協議の上での重み付け、および、それらの公表などが対応策として挙げられている。

### (3) 舗装と橋梁に用いられる複合指標

現在、米国において舗装状態を表現する指標のうち最も用いられているのは舗装状態指数 (Pavement Condition Index: PCI) である。PCI は損傷等の種類、激しさ、広がり、重み係数を介して結合することで、舗装構造の健全性と路面の機能性を0から100までの数値で表した複合指標である (ASTM, 2007)。

舗装以外の工種に用いられる複合指標の例として、米国では橋梁の物理的状態を表現するために健全度 (Health Index: HI) が用いられている。目視点検により1から5の5段階の状態相 (condition state) に分類された各部材の損傷レベルを統合し、橋梁全体の健全性を0から100の指数で表現している。HI は、部材数量と部材ごとの不良コスト (Failure cost) の積の総和に対する、状態相に応じて1.00以下の重み係数を乗じた部材数量と部材ごとの不良コストの積の総和の割合である (Thompson and Shepard, 2000)。部材ごとの不良コストにより重み付けされており、橋梁の機能性に最大の経済的影響を及ぼす部材を強調する。HI による優先順位は悪い順 (worst-first) となるため予防保全の重要性が軽視される、という指摘もある (Sobanjo and Thompson, 2007)。部材の不良コストは管理者費用である更新費用と利用者費用の組合せである (Ellis and Thompson, 2007)。カナダのオンタリオ州が用いている橋梁状態指数 (Bridge Condition Index: BCI) は米国の橋梁HIと同じ方法であるが、数値化が困難な利用者費用を省略し部材の更新費用だけを考慮している (Ellis and Thompson, 2007)。

#### 3.4.2 国際的組織における舗装の機能別複合指標

EU (2008) は、域内の横断面的ベンチマーキングを可能とするため、道路管理者間で定義が異なる路面特性に関する既存データを0から5までの無次元数に変換したパフォーマンスインデックス (Performance Index: PI) を定義した。舗装の構造と状態が機能に果たす貢献を説明するために、安全、快適、構造、環境に関して複数のPIを結合した結合PIが開発された。各PIの重み係数は、域内各国の専門家からの情報を統計処理したものと、表3.4.3に示すように、最小値、最大値、中央値、平均値が環境を除き提案されている。さらに、ネットワークレベルでの舗装の評価のために、結合PIを組み合わせて総合PIを得るための重み係数が、

表 3.4.4 に示すように道路種別別に定義されている。

表 3.4.3 結合 PI に用いる機能別の路面特性と重み係数

路面特性	安全				快適				構造			
	最小値*	最大値*	中央値	平均値	最小値*	最大値*	中央値	平均値	最小値*	最大値*	中央値	平均値
縦断凹凸					1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.8	0.7	0.6
わだち掘れ	0.8	1.0	1.0	0.9	0.6	0.8	0.8	0.7	0.4	0.8	0.5	0.5
テクスチャ	0.4	0.9	0.5	0.6	0.3	0.5	0.5	0.4				
すべり抵抗	0.4	1.0	1.0	0.9								
支持力									1.0	1.0	1.0	1.0
ひび割れ					0.3	0.8	0.6	0.5	0.8	1.0	0.9	0.9
路面損傷	0.2	0.8	0.7	0.6	0.3	0.8	0.8	0.6				

注)\* 最小値は2番目に小さい値, 最大値は2番目に大きい値。

表 3.4.4 総合 PI に用いる道路種別別の機能と重み係数

道路種別	機能			
	安全	快適	構造	環境
自動車専用道路	1.0	0.7	0.65	0.25
主要幹線道路	1.0	0.7	0.8	0.3
その他の道路	1.0	0.65	1.0	0.35

オーストラリア・ニュージーランド道路運輸交通協会 (Austroads) (2011) は、EU と同様の目的から、路面特性値の正規化と結合を提案している。個別の路面特性値は補修閾値を考慮して 0 から 100 の指数に変換され、さらに相対的重要性により加重平均され結合指標となる。結合指標を区間延長により加重平均することでネットワーク指標に拡張する。機能別に結合すべき路面特性と重み係数は明示されていない。ただし、路面特性が機能に与える影響の程度 (major, medium, minor) に応じた 3 段階の重み係数 0.33, 0.22, 0.11 を例示し、EU よりも差分の大きな重み付けとすることを提案している。安全に関係する路面特性をすべり抵抗、わだち掘れ、テクスチャとしており、EU がテクスチャと同程度に重要とした路面損傷が含まれていない点を除き一致している。

EU によれば、機能別複合指標である結合 PI は、道路管理における高度な意思決定を支援するために、1) 舗装の性能の多様な側面を定量化すること、2) ネットワークレベルでの舗装の性能を報告すること、3) 他の道路管理者との比較を容易にすること、4) 可能な改良計画を確認すること、が期待されている。また、結合 PI を組み合わせた総合 PI は、ネットワークレベルでの全般的な舗装状態の第一印象を与え、弱点となる区間を指摘する。この情報を用いることで総合的維持管理戦略が得られる。しかし、総合 PI は品質の不足の原因を反映していないので、維持作業の内容や必要な予算を評価するためには、単独の路面特性に基づく詳細な分析が必要である。

### 3.4.3 米国における維持管理品質保証の複合指標

#### (1) 資産区分, 工種および施設特性

維持管理品質保証(MQA)の事例として, フロリダ州の MRP (Maintenance Rating Program) (FDOT, 2015) (Hosni and Khalafallah, 2008) (Markow, 2012), ミシシッピ州の AMMO (Accountability in MDOT Maintenance Operations) (Markow, 2012) (MDOT, 2007) (Hauser, 2013), カリフォルニア州の LOS2000 (Caltrans, 2009), テキサス州の TxMAP (Texas Maintenance Assessment Program) (Munn, 2008) (Gao et al., 2011), ウィスコンシン州の Compass (Markow, 2012) (Wisconsin Commission, 2012) (WisDOT, 2015), ワシントン州の MAP (Maintenance Accountability Process) (WSDOT, 2012) (WSDOT, 2015) に注目する. 各事例の対象となる資産区分を表 3.4.5 に示す. 資産区分の交通が本研究でいう防護柵, 道路標識, 区画線等の附属物に相当する. EU (2008) と Austroads (2011) の機能を考慮した舗装の事例を参考として扱う. なお, 米国諸州の MQA プログラムを付録-2 として添付している.

表 3.4.5 MQA の対象となる資産区分

道路機能	資産区分	舗装*1	交通	排水*2	路側	植生・美観*3	橋梁*4	休憩施設	雪水管理
考慮しない	MRP	*	*	*	*	*			
	AMMO	*	*	*	*		*	*	
	LOS2000	*	*	*	*				
	TxMAP	*	*	*	*	*			
考慮する	Compass	*	*	*	*	*			
	MAP	*	*	*	*	*	*	*	*

注)\*1 Compass では路肩を指す. \*2 TxMAP では路側に含まれる. \*3 TxMAP, Compass, MAP では路側に含まれる. \*4 MAP ではトンネルを含む.

機能を考慮しないMRPとTxMAPは資産区分に着目し, 特性等の評点と重みにより資産区分の評点を得た後に, 各資産区分の評点と重みにより全体の評点を得ている. MRPは, 例えば地方部幹線道路において, 資産区分である舗装, 路側, 交通, 排水, 植生・美観の重みを24%, 18%, 27%, 14%, 17%としている(Hosni and Khalafallah, 2008). TxMAPにおける資産区分の重みは舗装が50%, 交通が25%, 路側が25%である(Munn, 2008). 機能を考慮する事例では, Compassは後述するようにLOS等級付けにおいて機能の相対的重要性に応じた差別化を行っているが, 重大な順に決定的安全, 安全・移動性, 乗り心地・快適, 管理, 美観である. MAPは機能の相対的重要性を維持管理行為の優先順位付けに用いている. 維持管理の目的は安全, 保全, 実用, 環境, 遵法, 美観であり, それぞれの重要度は10, 9, 8, 7, 6, 3である(WSDOT, 2015). EUは機能別指数を統合し総合指数を得るための機能別重み係数を道路種別別に定義しており, 例えば主要幹線道路での安全, 快適, 構造, 環境の重み係数は1.0, 0.7, 0.8, 0.3である(EU, 2008). このように, 維持管理の目的すなわち維持すべき機能

は、安全、快適・実用、保全・構造、環境・美観と優先順位も含めてほぼ共通している。

舗装は特性の多種性に注目され、交通として区分される附属物は工種の多種性に注目されている。米国では維持管理に係る指標の共通化の必要性が認められている。2000年の一般的に認められた(Commonly Recognized: CoRe)維持管理指標に関する国内ワークショップでは、顧客満足や施設特性などのアウトカムを反映したのものとして共通に用いる指標の素案について各州が合意した。ただし、個別の指標の定義よりも、共通して用いる指標を設定すべき工種と特性の特定が重要視された。2004年のMQA専門家交流では、顧客満足度はもはや直接的な指標として用いられておらず、その他の指標を顧客満足の評価に代用している。2008年の第2回MQA専門家交流では、例えば道路標識について、前回には見られた鉛直線形、側方余裕等の外観を規定する定量的指標が夜間の有効性を妨げるものという定性的かつ包括的な指標に置き換わっている。しかしながら、MQAに用いられる工種と特性は統一されていない。

舗装について、MRPとLOS2000はアスファルト舗装とコンクリート舗装の2工種、AMMOはアスファルト舗装、コンクリート舗装、舗装路肩、未舗装路肩の4工種に区分している。各事例におけるアスファルト舗装の特性を表3.4.6に示す。特性として、ひび割れ、わだち掘れ、縦断凹凸、ポットホールは大半の事例が採用している。テクスチャ、すべり抵抗、支持力・たわみはEUとAustroadsが採用しているが、米国での採用事例はない。ここに示していないCompassは車道舗装を独立したマネジメントシステムで管理しているため工種としておらず(Wisconsin Commission, 2012)、MAPは独立したマネジメントシステムにおいて良好とされた面積割合をもって舗装の唯一の特性としている(WSDOT, 2012)。

表 3.4.6 MQA の対象となるアスファルト舗装の特性

特性*1	ひび割れ	わだち掘れ	縦断凹凸*2	ポットホール*3	テクスチャ	すべり抵抗	支持力・たわみ	ラベリング*4	シヤビング*5	端部・路肩*6
MRP				*				*	*	*
AMMO	*	*		*				*	*	
LOS2000	*	*	*	*				*		*
TxMAP	*	*	*	*						*
EU*7	*	*	*	*	*	*	*			
Austroads*7	*	*	*		*	*	*			

注)\*1 これ以外にブリージング、陥没・隆起、剥離、ランプ、ごみくずが1事例ずつある。\*2 LOS2000とTxMAPでは乗り心地を指す。\*3 TxMAPとEUでは路面損傷を指す。\*4 MRPとAMMOでは端部ラベリングを指す。\*5 何らかの鉛直変位が含まれるかもしれない舗装表面で特定されたエリアの水平変位である(舗装工学委員会, 2015)。\*6 端部あるいは路肩の損傷を指す。\*7 MQA事例ではない。

附属物の工種を表3.4.7に示す。防護柵、道路標識、区画線、道路標示、視線誘導標はすべての事例が採用し、道路鋸、防護壁、衝撃吸収装置は大半の事例が採用している。

表3.4.7 MQAの対象となる附属物の工種

工種*1	防護柵*2	道路標識	区画線	道路標示*3	視線誘導標	道路鋸	防護壁*4	衝撃吸収装置	照明	信号
MRP	*	*	*	*	*	*		*	*	
AMMO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
LOS2000	*	*	*	*	*	*	*	*		
TxMAP	*	*	*	*	*	*		*		
Compass	*	*	*	*	*		*			
MAP	*	*	*	*	*	*	*		*	*

注)\*1 これ以外にITSとランプが1事例ずつある。\*2 TxMAPでは路側に含まれる。\*3 TxMAPでは区画線に含まれる。\*4 AMMOでは可動式コンクリート製防護柵を指す。CompassとMAPでは可動式コンクリート製防護柵を指し防護柵に含まれる。

## (2) 評点基準とパフォーマンス基準

MQAでは定期的な標本調査により道路区間における施設特性に評点が付けられる。手順として、延長0.1マイル(0.16km)の抽出区間の指標を測定し閾値と照合した結果を抽出区間の適合・不適合あるいは適合・不適合の施設数量として記録する。次に、道路区間内に存在する抽出区間の適合・不適合の区間数の割合あるいは適合・不適合の施設数量の割合を当該区間の評点とする。なお、TxMAPは舗装、交通、路側の3資産区分23特性等について目視により5-4-3-2-1の5段階LOSの格付けを行い、このLOSを5で除した百分率が評点となる(Munn, 2008) (Gao et al., 2011)。

本研究では、閾値を規定した基準をパフォーマンス基準と呼び、パフォーマンス基準に対する適合率あるいは不適合率による評点付けを行う基準を評点基準と呼ぶこととする。両者は実践事例において必ずしも明確に区別されているものではない。また、品質保証(QA)の分野では検収計画(acceptance plan)の方法として Attributes(属性)によるものと Variables(変量)によるものがあり(TRB, 2009)、MQAにおけるLOSのための2通りの統計的アプローチも、適合・不適合の区間数の割合によるものが method of attributes(属性法)、適合・不適合の施設数量の割合によるものが method of variables(変量法)と呼ばれている(Schmitt et al., 2012)。

舗装の安全性に寄与する特性として日本においても測定データの整備が課題となっているポットホールを例にとると、適合した区間数の割合を評点とするMRP、LOS2000も、単位延長あたりのポットホールの数に基づき5段階LOSに等級付けするAMMOも、パフォーマンス基準にポットホールの面積と深さの閾値を規定している。これらの指標は走行車両からの目視に

よっても概ね確認できるものである。この他に、Compass は車道を対象としていないが、幅が 1 フィートを超える路肩を舗装路肩と未舗装路肩に分け、それぞれに複数の特性を規定している。舗装路肩のポットホールとラベリングは区別せず、1 平方フィート以上かつ深さが 1 インチ以上の損傷の合計面積を評点としている (WisDOT, 2015)。Compass と同様に車道舗装を舗装管理システムによる MAP は路肩のうち舗装路肩のみを対象とし、損傷を有する路肩面積の割合を評点としている (WSDOT, 2012)。

防護柵、道路標識、区画線および道路標示について、表3.4.8で評点基準を比較する。道路標識は標識板の面積あるいは設置目的すなわち規制・警戒と案内その他により区分されている。Compassは不適合の施設数量の割合を用いているが、区画線だけは不適合の区間数の割合を用いている。既に述べたようにMQAに用いられる指標は定性的かつ包括的なものが選択される傾向にあるが、所期の機能を有する等の定性的かつ包括的な施設特性であってもパフォーマンス基準は表3.4.9に示すように詳細に規定してある。区画線と道路標示のパフォーマンス基準に規定されている指標は、走行車両からの目視によっても概ね確認できるものである。一方、防護柵と道路標識のパフォーマンス基準には捻れたオフセット角材や消失した結合金具のように、走行車両からは確認できない指標が含まれている。

表3.4.8 防護柵、道路標識、区画線、道路標示に係る評点基準

	防護柵	道路標識	区画線	道路標示
MRP	ひと続きが所期の機能を有する。	30 平方フィート以下の小型は全数の 95%が所期の機能を有する。30 平方フィートを超える大型は 85%が所期の機能を有する。	延長と幅の 90%が視認でき所期の機能を有する。	70%が所期の機能を有する。
LOS2000	全ての支柱と部材が定位置にあり、所期の機能を有することを妨げる損傷や劣化がない。	夜間調査が規定通りに実施されている。夜間調査で注目された問題が是正されている。規制・警戒標識は全て、案内標識は80%以上が所期の機能を有する。	夜間調査が規定通りに実施されている。夜間調査で注目された問題が是正されている。区画線は更新を要しない。	夜間調査が規定通りに実施されている。夜間調査で注目された問題が是正されている。道路標示は更新を要しない。
AMMO	欠陥のある防護柵延長の割合。	欠陥のある標識数の割合*1。	欠陥のある区画線延長の割合。	欠陥のある標示数の割合。
Compass	欠陥のある防護柵延長の割合。	消失あるいは損傷した標識数の割合*1。	材料の消失が20%を超えている*2。	消失あるいは所期の機能を有しない標示数の割合。
MAP	損傷あるいは消失した防護柵の割合。	夜間に視認できない標識数の割合。規制・警戒標識と案内標識はLOS等級付けが異なる。	再帰反射輝度係数が90RL以上である延長の割合。	擦り切れあるいは消失した面積が25%を超える標示数の割合。

注) \*1 規制・警戒標識とその他は区別してあるが規定は同じである。\*2 不適合の区間数を用いている。

表3.4.9 防護柵, 道路標識, 区画線, 道路標示に係るパフォーマンス基準

工種	パフォーマンス基準
防護柵	MRP「所期の機能を有しない」: 支柱, オフセット角材, 水平材, 結合金具の消失. 端部定着ケーブルあるいは留めネジの1インチ以上の緩み. 高さが3インチ超過あるいは1インチ不足の区間が連続25フィート. 裏打ち金あるいは敷金の不調. 捻れたオフセット角材が10%を超える. 等 AMMO「欠陥のある」: 水平材の破損, 消失, 支柱からの分離, 逸脱車両を車道に戻せないほどの湾曲あるいは構造的完全性への懸念. 端部への衝突の証拠. 不正な設置高さ. 等 Compass「欠陥のある」: 水平材の高さが不適切. 支柱およびブロックの亀裂あるいは破損. ボルトの消失. 水平材の平坦化あるいは12フィートあたり6インチ以上の変形. 等
道路標識	MRP「所期の機能を有しない」: 標識板と標識柱の傾きが1フィートあたり1インチ. 結合金具の消失. 反射性不足, 退色あるいは異物の堆積による標識板の情報提供の不足. 等 AMMO「欠陥のある」: 規制速度で走行中の運転手から視認あるいは識別ができない. 標識柱の湾曲あるいは損傷. 標識板底部の路面端部からの高さが5フィート未満. 等
区画線	MRP「所期の機能を有しない」: 幅の減少. 夜間に160フィート離れて視認できない. 延長の消失. 土砂, 草, 瓦礫による被覆. AMMO「欠陥のある」: 色あせ. 擦り切れ. 消失.
道路標示	MRP「所期の機能を有しない」: 面積の減少. 夜間に160フィート離れたロービームに反射しない. AMMO「欠陥のある」: 50%を超える色あせ, 擦り切れ, 消失.

パフォーマンス基準における閾値の意味は事例により異なる. LOS2000の補修閾値は1) 性状が標準以下である, 2) 施設の保全が危うい, 3) 運転手が満足しない水準として設定してあり, ポットホールは6インチ\*6インチ\*深さ1.5インチに達する前に補修されていなければならないとされている (Caltrans, 2009). MRPでは次回(4ヶ月後)の評点を高めるために行う維持の優先順位付けに評価結果を用いるとされており (Markow, 2012), 時間制約基準であるレスポンスタイムを考慮していない. 補修閾値およびレスポンスタイムで規定される対症的維持と評点基準およびパフォーマンス基準による業績測定の関係の一例としてコロンビア特別区 (D.C.) に着目する. D.C.はポットホールを通報から72時間以内に補修することを宣言している. 一方, 性能規定型維持管理契約における業績測定では, ポットホールに関する4つの指標を5段階LOSに等級付けしている. それぞれのパフォーマンス基準(性能基準)は, 安全の障害となるポットホールが通報後4時間以内に除去される頻度, 報告されたポットホールが通報後48時間以内に補修される割合, 64平方インチを超えるポットホールの数, 64平方インチ未満かつ深さ1インチ未満のポットホールの数である.

Compassは表3.4.10に示すように貢献区分すなわち機能とその相対的重要性を定義し, 大きな機能に貢献する工種ほど, 良好を表すA等級への格付けが困難になるよう設定している (Markow, 2012) (Wisconsin Commission, 2012). 同様の工種および標識種類によるLOS等級付け基準の差別化はMAPにも見られる (WSDOT, 2012).

表3.4.10 CompassにおけるLOS等級付け基準

重大性	貢献区分	パフォーマンス基準に対する不適合率					交通(附属物)の工種
		A	B	C	D	F	
大 ↑ ↓ 小	決定的安全	<2%	<5%	<9%	<15%	>15%	中央線, 規制・警戒標識(緊急的維持)
	安全・移動性	<4%	<9%	<18%	<30%	>30%	視線誘導標, 外側線, 案内標識(緊急的維持), 防護柵, 規制・警戒標識(日常的維持), 道路標示
	乗り心地・快適	<6%	<15%	<29%	<50%	>50%	案内標識(日常的維持)
	管理	<7%	<18%	<35%	<60%	>60%	
	美観	<10%	<25%	<47%	<80%	>80%	

注)パフォーマンス基準に対する不適合率が3%である場合, 中央線はB等級に格付けされるが, 道路標示はA等級に格付けされる。

### (3) HRIF の点検への示唆

本研究で対象とする, ネットワーク全体に存在するHRIFを対象とした点検結果を用いて, 多工種のHRIFで構成される道路区間の維持管理ニーズを機能の観点から評価するための複合指標には, 多様な施設特性間での比較を可能にするパフォーマンス基準と評点基準の方法が有用である。

HRIFの日常点検は目視評価や体感評価を前提として考える必要があり, パフォーマンス基準に規定される指標は走行車両からの目視によっても概ね確認できるものであることが必要である。指標の閾値として何を選定するかが重要となる。施設特性ごとに定められた補修閾値は各工種の対症的維持に係る要否判断には不可欠であるが, 多工種のHRIFで構成される道路区間の維持管理ニーズを機能の観点から評価するためには不十分である。なぜなら, 対症的維持を確実に実施する管理方針の下では, 補修閾値を超えた施設特性が所定のレスポンスタイム以内に改善されるからである。対策として, MCIによる基準「3以下であれば早急に修繕が必要, 4以下であれば修繕が必要」に倣い段階的基準を採用する。例えばびび割れ率Cには, 道路維持修繕要綱を参考にした40%と直轄国道の予防的修繕を参考にした30%を用い, 補修閾値である前者より厳しい後者を管理目標と呼ぶ。D.C.の事例で確認したように, 対症的維持の補修閾値よりも業績測定 of 閾値が厳しいことは当然であろう。補修閾値よりも厳しい管理目標をパフォーマンス基準における閾値として採用する。機能の水準が相対的に低い区間の供用性回復を優先するという管理方針の下で, 補修閾値を超えた施設には対症的維持を実施し, 管理目標を超えた施設は次期以降の供用性回復を基本としつつも当期予算の範囲内で予防的維持の優先順位付けを行うことが可能となる。なお, 対症的維持の実施方針が評価結果に影響するが, それについては実証的に検証する必要がある。管理目標の設定方針が結果に及ぼす影響についても合わせて検証する必要がある。

MQAの評点基準には適合区間数の割合を用いるものと適合施設数量の割合を用いるものの2通りがあるが, いずれの方法でも不適合とされた区間について損傷の程度までは記録さ



れない。上で述べたように管理目標をパフォーマンス基準の閾値とする場合、不適合と選別された施設については個別に再調査を行い、対症的維持の要否を補修閾値に基づき判断する必要がある。選別を目的としたネットワーク全体の日常点検のように、より簡便な方法が求められる場合には、評点基準として適合区間数の割合(%)によるものが適している。Austroads が提案したように特性値(区間平均値)をその補修閾値を考慮して正規化することは、特性値を最高から最低の範囲内に位置づけるものであり、評点基準とは評点の意味するものが異なる。評点付けを評点基準による場合と正規化による場合の評価結果の相違については実証的に検証する必要がある。

MQA のパフォーマンス基準に規定されている指標に着目すれば、防護柵と道路標識は走行車両から確認できないものが含まれるが、区画線と道路標示は舗装と同様に走行車両からの目視によっても概ね確認できる。附属物については不適合の施設数量の割合を用いている Compass が区画線だけは不適合の区間数の割合を用いていることも、区画線の幾何学的配列が舗装と同様に連続線状であることによるものと推察される。区画線・道路標示は舗装の特性と異なり車輪通過位置に存在するものではないが、実際の道路管理においては両者の補修時期を調整する必要があるように、両者の間には密接な関係がある。両者を路面上の特性として一体的に評価することも維持管理の一法であると考えられるが、これについては前述した2点と同様に検証する必要がある。

#### (4) 舗装と附属物の機能別健全指標の概念

道路の多機能性と舗装の特性および附属物の工種の多様性を同時に勘案した MQA 事例は存在しないが、附属物を含む多工種の機能別健全指標の概念を提案した研究事例は存在する。Verhoeven and Flintsch(2011)は、道路管理者間また工種間で異なる状態評定システムを統一するために、工種ごとの機能別健全指標の概念を提案した。機能別健全評点を組み合わせて工区の施設健全評点を算出し、施設健全評点から区間の工種健全評点を計算し、さらに工種健全評点から区間健全評点と進める方法である。Dehghanisanij et al.(2012, 2013)は、行政目標に対応した機能をネットワークレベルで評価するため、Verhoeven and Flintsch の方法を修正した。工種ごとの機能別健全指標から工区の機能別健全評点、区間の機能別健全評点、さらに区間健全評点と進める方法である。ただし、両事例における試算には附属物が含まれていない。舗装と橋梁を対象とした試算では、両工種が独立した別工区として扱われている。

## 3.5 前節までのまとめと研究テーマの具体化

### 3.5.1 前節までのまとめ

3.1 節では、新公共経営におけるパフォーマンス指標に係る文献レビューを行った。

3.1.1項では、英国を対象とし、政策評価と業績測定の動向を概観するとともに、主要幹線道路と地方道における維持管理の実態を整理した。

競争原理と成果主義だけでなく、企画立案と実施執行の分離の考え方を見ることができる。行政運営について国民自らが判断するために必要な業績情報および財務情報を提供するという方針の下で制度設計されている。地方横断的な比較を可能とする統一的指標と地域の優先課題や地域特性を反映して選定する指標の2種類が用いられている。地方自治体の体制が健全であることについて検証することによって、業績情報の正確性を保証するという検証方法である。

道路庁(HA)の契約は出来高の確定も支払いも自己保証に基づいており、受注者に製品やサービスを提供する企業も含めたサプライチェーン全体に対し、継続的改善と無駄のないマネジメントを要求している。仕様書の中で、すべての施設に対して、道路利用者の視点による定量的アウトカムが要求事項として規定されている。要求事項ごとに欠陥が確認された場合の危険を軽減する期限と永久的修復を実施する期限が定められている。

スコットランドでは、アウトカムに着目したベンチマーキングと重要パフォーマンス指標による業績の例示という戦略と全自治体による重要パフォーマンス指標の共有が行われている。

3.1.2項では、ニュージーランドを対象とし、道路管理の基本計画と性能規定型の維持管理契約について整理した。

舗装に関しては、信頼性の指標として延長あたりの欠陥の数を表す路面状態指数とわだち深さが許容値を超える延長割合、安全性の指標として滑り抵抗と粗さ、快適性の指標として平坦性を選定し、これらの全国平均値の経年変化を公表している。財源が不足する場合には植樹帯、区画線、道路標識、滑り抵抗等の管理水準を下げざるを得ないことを警告している。各地の出先機関により実施される事業が効率的に所要の品質を確保できるよう、交通庁は基準、仕様書、指針等のマネジメントツールを整備している。

受注者が遵守すべき契約標準とレスポンスタイムが舗装(ポットホール、粗さ、凹凸、端部損壊、わだち等)、路肩(段差、わだち、ポットホール等)、排水施設、橋梁、小規模構造物、植樹帯、道路標識(植物埋没、視認性、再帰反射性、傾き、消失等)、区画線(消失、夜間視認性、反射性等)、防護柵(植物埋没、視認性、消失等)、照明、休憩施設、岩屑、清掃、事故対応について規定されている。施設の状態を維持するためにオペレーションパフォーマンス指標として規定された契約標準とレスポンスタイムに基づく日常的維持を実施し、快適性と安全性の観点でのサービス水準(LOS)の推移を重要パフォーマンス指標で監視しつつ、必要に応じLOS適正化のための対策をとる。

3.1.3項では、米国を対象とし、パフォーマンス指標の代表的な活用メニューを概観するとともに、指標共通化の動向について整理した。

維持管理の品質保証(MQA)が多くの州で採用され実際の維持活動において活用されている。業績報告において、本部等の企画部局は各種区分毎のベンチマーキングのために、全域または出先機関ごと、地域ごとの平均LOSを用い、出先機関等の実施部局は、維持資源の過不足を判断する目的から、地区別、施設別等のLOSを用いる。バージニア州のダッシュボードでは、道路のパフォーマンスと道路管理者のパフォーマンスを公表している。テキサス州は性能規定型維持管理契約の導入に合わせ、増大する管理指標の評価プログラムとしてLOS評点システムを開発した。

顧客満足度はもはや直接的な指標として用いられておらず、その他の指標を顧客満足の評価に代用している。例えば道路標識では、2005年には見られた鉛直線形、側方余裕、不可視文字等の外観を規定する定量的指標が、2009年には夜間の有効性を妨げるものという定性的かつ包括的な指標に置き換わっている。道路管理者が、かつての詳細で分析的な指標に変わり、相対的な道路のパフォーマンスを指向していることが読み取れる。

3.1.4項では、NPM先進国におけるパフォーマンス指標の用法の精査を通して、日本における道路施設管理への示唆を得た。

本部等の企画部局は、複数の実施部局を対象としたアウトカムの目標を設定し、それを実現するための中長期的な補修計画を策定する。出先機関等の実施部局は、目標アウトカム達成のために配分された年度予算の下で、中間アウトカムベースの計画的維持を推進するとともに補修閾値とレスポンスタイムで規定される対症的維持を実施する。実施部局の業務品質を保証する管理規定、作業標準等はパフォーマンス指標を用いて記述され企画部局により管理されており、これらのマネジメントツールがマネジメントサイクルを機能させる。

NPM 先進国と日本の共通性は、企画部局と実施部局の2層構造を有する道路管理者、道路管理者内部の共通認識となるマネジメントツール、業績の測定に続く予算の要求から配分までの時間的遅れおよび企画部局によるマネジメントツールの見直し、実施部局による中間アウトカムベースの計画的維持と対症的維持等に見られる。

行政組織への新たな制度やシステムの導入にあたり職員の理解と順応が大きな課題となることを踏まえれば、日本における業績評価の導入に際しても、理念だけでなくマネジメントツールが実務上の重要な役割を果たすことは想像に難くない。当該ツールは道路管理者内部の共通認識であるだけでなく外部の利害関係者とも共有される。このため、アウトカム、アウトプット、インプットの3パフォーマンス指標を用いて記述された当該ツールには、道路維持管理の目的であるアウトカムとの関係を説明できることが求められる。効率性、有効性、コスト有効性のベンチマーキング等に基づき改善された業務手順は、企画部局による当該ツールの見直しの形で維持管理の現場に導入される。

アウトカムの要件は以下の通りである。アウトカムは政策目標を反映すると同時に、ベンチマーキングに備えて定義、測定方法等が関係機関間で共通であること。アウトカムの中でも道路利用者の視点によるものは、専門家でない道路利用者にとってのわかりやすさの視点および道路の多機能性と個別機能の多面性を勘案した多面的視点を有すること。道路管理者の視点によるものは、個別事業の計画と評価の前提となるため実施部局が測定可能であり、かつ道路施設と施設特性の多種性すなわち多特性を考慮した複合的視点を有すること。また、道路利用者の視点によるアウトカムとの相関が求められており、乖離が認められた場合は定義の修正または指標の変更がなされること。

3.2 節では、業績評価に係る文献レビューを行った。

3.2.1 項では、日本における政策評価制度を概観し、維持管理に係る業績評価の課題を整理した。

政策評価法は、各府省が自ら評価を行うとともに、その評価結果を当該政策に適切に反映させることを規定している。業績評価の目的は定期的に業績を測定し目標の達成状況が思わしくない場合は原因分析と課題抽出を行い進め方の改善策を検討することであるが、維持管理業務の実施方法の改善につながる原因分析と課題抽出を可能にする環境が整っているとは言えない。日本では橋梁や舗装を対象とした一部の実施例を除き、パフォーマンス指標を有効に活用した道路施設の維持管理は実施されていない。

3.2.2 項では、道路部門におけるパフォーマンス指標の活用の例として、OECD と日本道路協会道路維持修繕委員会に着目した。

サービス提供の顧客は道路利用者、資産管理の顧客は所有者である政府であり、道路管理者は両者に対し説明責任を有するという観点は重要である。事業実施効果と業務執行効率の観点および道路部門におけるアウトカムに係る他律性の認識も重要である。耐荷力と異なり、路面性状は乗り心地に大きく影響する。したがって、路面性状の性能基準の設定にあたっては道路利用者等の視点と満足度評価等の方法が必要となる。

3.2.3 項では、自律的評価と複合的評価の必要性を明らかにした。

外部要因の影響を受けない、すなわち帰属の検証が可能であり実施主体が管理できる要因による評価(自律的評価)を行うためには、アウトカムとして何を選定するかが重要となる。GASB によれば、道路維持管理に係るパフォーマンス指標のうち修理により特定の条件を満足するに至った総延長の割合のように品質要件の観点が加わるとアウトカムとされる。最終アウトカムは外部要因に左右されるため中間アウトカムの水準を決定するための有効なパフォーマンス指標になり得ない。路面特性の多種性を踏まえた上で、その水準と機能に対する重要性により道路の維持管理ニーズを評価する方法が求められている。

HRIF の種類(工種)は複数存在し実際の道路区間は多工種の HRIF で構成されるため、そ

の機能の水準は多様な特性を有する HRIF の複合的効果により決まる。機能の観点からの効率的な道路管理のためには道路施設の複合的効果を軽視できない。多工種の HRIF を対象として維持管理ニーズを複合的に評価した研究事例は数少ない。著者の知る限り、HRIF の施設特性に基づくサービス水準を機能の観点から複合的に評価した研究は皆無である。多工種の HRIF の維持管理に係る評価の実践事例として米国の MQA があるが、道路の多機能性と舗装の特性および附属物の工種の多種性を同時に勘案した MQA 事例は存在しない。

3.3 節では、性能規定に係る文献レビューを行った。

3.3.1 項では、日本における技術基準の性能規定化について概観した。

公共工事の品質確保とコスト縮減とを目的として性能規定化された技術基準は、建設段階に適用されるものであり、全ての指標が基準を満足することを求めている。維持管理段階における道路施設の性能に係る基準として統一的なものは日本には存在しない。

構造の観点からの舗装構造全体の更新よりも頻繁に、サービス水準の観点からの表層の維持修繕が実施される。路面性状のうち、わだち掘れ等は緩慢に進行するため、性能低下が予測の範囲内であることを定期的な路面性状調査により確認しつつ、計画的に維持と修繕を実施することができる。一方、路面損傷のひとつであるポットホールのは発生は予測できず進行も急激である。これが定期的な路面性状調査だけでなく巡回等の日常的な点検が必要となる一つの理由である。

3.3.2 項では、施工直後の性能と供用中の性能に係る内的要因と外的要因について、業務委託の観点から論じた。

実績の平均値を性能基準とした場合、受注者は品質管理に一層の注意を払うため、舗装の長寿命化は達成される。長期的には平均値も改善される。総価契約である性能規定型維持管理契約において受注者が予防保全戦略を採用することは、受注者の自己責任であり説明責任も生じない。一方、道路管理者が高品質の舗装の建設も含め予防保全的な道路管理を実施する場合は、税金の使途として最適であることを LCC 分析等により正当化しなければならない。ポットホール等の発生を完全に防止することも、その時期を予測することも不可能に近い。不具合の発生を前提とし、安全の障害となる不具合が発生した場合の一定時間内の処理を目標とすることが維持管理の基準としては実用的である。維持管理段階の性能基準について検討する場合、損傷毎の補修閾値とレスポンスタイムを考慮すべきである。

ワランティを適用できる性能の要件は、成果が受注者の管理できるもので定量的かつ計測可能であり、受注者が管理できない要因の影響は成果と区別できることとされている。米国では、この条件を満たすアスファルト舗装の性能はわだち掘れ、平坦性、ひび割れ、摩擦であり、ポットホールは受注者の管理できない要因が引き起こすとされている。ワランティが LCC を減少させ発注者にとって有益であるとする背景には、受注者が自身のリスクとなる保証期間内の回復費用を低減するために製品の品質を高めるという前提がある。受注者による自発的な補

修が実施された場合のモニタリング結果は舗装の品質の評価に用いることができない。

3.3.3 項では、海外における性能規定型契約方式に係る知見を整理するとともに、アセットマネジメントの方法としての性能規定型維持管理契約 (PBMC) に着目した。

革新的契約方式はパフォーマンスベースであり、レーンレンタル契約等のように工事中の業績に着目したものと PBMC 等のように供用中の性能に着目したものがある。PBMC 等の導入事例の多くで管理者費用の縮減が報告されているが、費用分析の精度に係る問題が指摘されている。PBMC 等は必ずしも完成された方法として導入されたわけではなく、各道路管理者が自国の法制度の下で、時代の要請に応じ新たな概念を付け加えることで、その適用範囲を拡大してきた。

米国初の都市における性能規定型のアセットマネジメントプロジェクト DC STREETS の 1 年目評価に着目した。性能基準の特徴は、供用期間による区別、レスポンスタイムの規定、1 から 5 の整数で評点化、標準に適合しない施設の存在、通常有すべき安全性から規定される管理限界の不在である。総合評点化の特徴は、資産区分毎の得点算出とプロジェクトに対する各資産区分の相対的な重要性に応じた重み付けである。

3.3.4 項では、性能規定型維持管理契約等を構成する概念について考察した。

性能規定型維持管理契約 (PBMC) の特徴は受注者の裁量拡大であり、パフォーマンスベースであるため、損傷等の種類毎の補修閾値とレスポンスタイムを規定した性能基準および性能目標としての性能基準達成率を規定した定期検査基準が用いられている。このことは、新公共経営 (NPM) の特徴である実施部局への権限委譲および実施部局の業務品質を保証するための管理規定の存在とよく一致している。一方、現在の日本における調達制度に PBMC を導入することは不可能である。

海外における PBMC の場合、はじめに、道路管理者が維持管理の改善目的を例えばコスト縮減やサービス向上のように設定し、併せて目的達成のための観点を例えば性能規定や長期化のように設定する。次に、道路管理者は発注者として契約条項により、受注者の裁量拡大の方向性に当該観点を反映させる。この道路管理者による目的達成のための観点を反映させた受注者の裁量拡大の方向性を、本研究では、契約を構成する概念と呼ぶ。PBMC の実施効果については多数の評価事例が存在するため、外部委託における実施効果と契約を構成する概念との関係を分析することが可能である。当該関係は、維持管理の改善目的と目的達成のための観点との関係として道路管理者への内部化が可能であり、業務の進め方の見直しに有用なものとなる。また、日本における PBMC 等の本格的な導入を考える場合、道路管理者は工学的課題 (性能基準の設定、性能評価等) の他に、いくつかの制度的課題を解決する必要がある。しかし、将来の PBMC 導入を見通せば、当該関係の道路管理者への内部化は、そのために不可欠な準備ともなる。性能規定、性能保証、包括化、連続化、長期化の 5 つをもって PBMC 等を構成する概念として定義する。

3.3.5 項では、海外のレスポンスタイム基準の現状を概観し対症的維持の意義とレスポンスタイム基準の重要性および日本への導入意義を整理するとともに、対症的維持の改善方策の枠組みを提案した。

対症的維持は道路管理者と市民が交流を持つ数少ない機会のひとつである。海外では、対症的措置が計画的措置に劣らず重要であるとの認識の下、補修閾値だけでなくレスポンスタイムについても基準が設けられている。レスポンスタイム基準の用途は、行政の管理規則、外部委託する際の契約条件、行政と住民とのコミュニケーションの3つである。

海外におけるレスポンスタイムの定義「道路管理者による認知から修復まで」と対症的維持の進展過程を道路利用者と通報者の視点から見直した。損傷等の認知から修復完了までの時間がレスポンスタイムであり、これに損傷等の発生から認知までの時間を加えた所要時間の短縮は行政サービスの向上として評価される。道路行政に対する市民の理解を深めることを目的とするのであれば、対症的維持における通報者の満足度向上を軽視できない。通報者による待ち時間の観点からは、修復完了から通報者による修復確認までの時間を短縮の対象に加える必要がある。故障・損傷等の発生から発見・通報までの段階と発見・通報から対応が完了するまでの段階の2段階の進展過程およびコスト縮減、所要時間短縮、待ち時間短縮の3つの改善目標より成る枠組みを改善の枠組みとして提案する。この枠組みは、既存の効率向上方策および道路利用者の利便性向上方策との適合性を確認しており、新たな方策の検討を支援する枠組みとして機能する。

レスポンスタイム基準の導入と対症的維持の効率向上のために、いくつかの課題が残されている。第1に、レスポンスタイム基準の妥当性が補修閾値との組合せの中で説明される必要がある。レスポンスタイム基準は、損傷の程度に応じたリスクへの対策として、予算の制約の下で適切でなければならない。第2に、実現可能な基準の水準を確認する必要がある。道路法第42条が政令に委ねるとした「道路の維持又は修繕に関する技術的基準その他必要な事項」の内容が構造の観点からの点検に関する基準でありサービス水準に関する基準は含まれていないことの背景に管理瑕疵への危惧がある。基準を公表する前に、行政の管理規則や外部委託する際の契約条件としての試行を経験するべきである。第3に、道路管理者による業務と体制の見直しである。具体的なレスポンスタイム基準を前提とすることなく対症的維持の効率向上は可能であるが、職員の理解と協力は不可欠である。

3.4 節では、複合指標に係る文献レビューを行った。

3.4.1 項では、複合指標の利用と複合指標化の方法について概観した。

単一指標では表現できないはずの多元的概念を測定する複合指標は、実績の比較、順位付けを可能にする。統合による複合指標化に先立ち、次元の異なる指標群を無次元化し比較可能にする評点化と重み付けの作業が必要となる。重み付けは、評価者の主観あるいは恣意性、指標、アンケートの方法等により結果が左右されることもあり、完全な方法は存在しない。

3.4.2項では、EUとAustroadsにおける舗装の機能別複合指標について、機能、路面特性、重み係数を整理した。

3.4.3項では、多工種のHRIFを対象とした米国における維持管理品質保証(MQA)について、資産区分、工種および施設特性を整理するとともに、評点基準とパフォーマンス基準の思想に着目し、HRIFの点検への示唆を得た。

機能を考慮しないMRPとTxMAPは資産区分に着目し、特性等の評点と重みにより資産区分の評点を得た後に、各資産区分の評点と重みにより全体の評点を得ている。機能を考慮する事例では、CompassはLOS等級付けにおいて機能の相対的重要性に応じた差別化を行っている。MAPは機能の相対的重要度を維持管理行為の優先順位付けに用いている。舗装は特性の多種性に注目され、交通として区分される附属物は工種の多種性に注目されている。舗装の特性として、ひび割れ、わだち掘れ、縦断凹凸、ポットホールは大半の事例が採用している。テクスチャ、すべり抵抗、支持力・たわみはEUとAustroadsが採用しているが、米国での採用事例はない。附属物の工種のうち防護柵、道路標識、区画線、道路標示、視線誘導標はすべての事例が採用し、道路鋸、防護壁、衝撃吸収装置は大半の事例が採用している。

閾値を規定した基準をパフォーマンス基準と呼び、パフォーマンス基準に対する適合率あるいは不適合率による評点付けを行う基準を評点基準と呼ぶ。道路区間内に存在する抽出区間の適合・不適合の区間数の割合あるいは適合・不適合の施設数量の割合を当該区間の評点とする。MQAに用いられる指標は定性的かつ包括的なものが選択される傾向にあるが、所期の機能を有する等の定性的かつ包括的な施設特性であってもパフォーマンス基準は詳細に規定してある。

多様な施設特性間での比較を可能にするパフォーマンス基準と評点基準の方法は複合的評価に有用である。HRIFの日常点検は目視評価や体感評価を前提として考える必要があり、パフォーマンス基準に規定される指標は走行車両からの目視によっても概ね確認できるものであることが必要である。指標の閾値として、補修閾値と補修閾値より厳しい管理目標による段階的基準を採用する。機能の水準が相対的に低い区間の供用性回復を優先するという管理方針の下で、補修閾値を超えた施設には対症的維持を実施し、管理目標を超えた施設は次期以降の供用性回復を基本としつつも当期予算の範囲内で予防的維持の優先順位付けを行うことが可能となる。管理目標をパフォーマンス基準の閾値とする場合、不適合と選別された施設については個別に再調査を行い、対症的維持の要否を補修閾値に基づき判断する必要がある。選別を目的としたネットワーク全体の日常点検のように、より簡便な方法が求められる場合には、評点基準として適合区間数の割合(%)によるものが適している。区画線・道路標示は舗装の特性と異なり車輪通過位置に存在するものではないが、実際の道路管理においては両者の補修時期を調整する必要があるように、両者間には密接な関係がある。対症的維持の実施方針と管理目標の設定方針が評価結果に及ぼす影響、評点付けを評点基準による場合と正規化による場合の評価結果の相違、舗装と区画線・道路標示を路面上の特性として



一体的に評価することの意義, これらについては実証的に検証する必要がある。

道路の多機能性と舗装の特性および附属物の工種の多様性を同時に勘案した MQA 事例は存在しないが, 附属物を含む多工種の機能別健全指標の概念を提案した研究事例は存在する。ただし, 事例における試算には附属物が含まれておらず, 舗装と橋梁を対象とした試算では両工種が独立した別工区として扱われている。

### 3.5.2 道路の維持管理に係るマネジメントサイクルの基本モデル

道路の維持管理に係る分析モデルとして適当なマネジメントサイクルの基本モデルを明らかにするために, NPM 先進国と日本の共通性を考慮して作成した図 3.1.1 に対し, 自律的評価と複合的評価の必要性から修正を加える。共通性とは, 企画部局と実施部局の 2 層構造を有する道路管理者, 道路管理者内部の共通認識となるマネジメントツール, 業績測定に続く予算の要求から配分までの時間的遅れおよび企画部局によるマネジメントツールの見直し, 実施部局による中間アウトカムベースの計画的維持と対症的維持等であった。自律的評価の必要性から, 企画部局による業績測定と計画策定も中間アウトカムベースとする。複合的評価の必要性から, 中間アウトカムには個別指標群と複合指標があるとする。個別指標群を統合し複合指標とする際の理論の枠組みである論理モデルが, データベース等の支援システムおよび管理規定等の技術マニュアルの理論的枠組みともなる。論理モデル, 支援システム, 技術マニュアルをまとめてマネジメントツールと呼ぶ。定期点検の結果としてデータベースに蓄積される中間アウトカムとは別に, 実施部局が行う日常点検の結果として, 中間アウトカムの現況が時間的遅れを伴うことなく明らかにされている。

図 3.5.1 に道路の維持管理に係るマネジメントサイクルの基本モデルを示す。

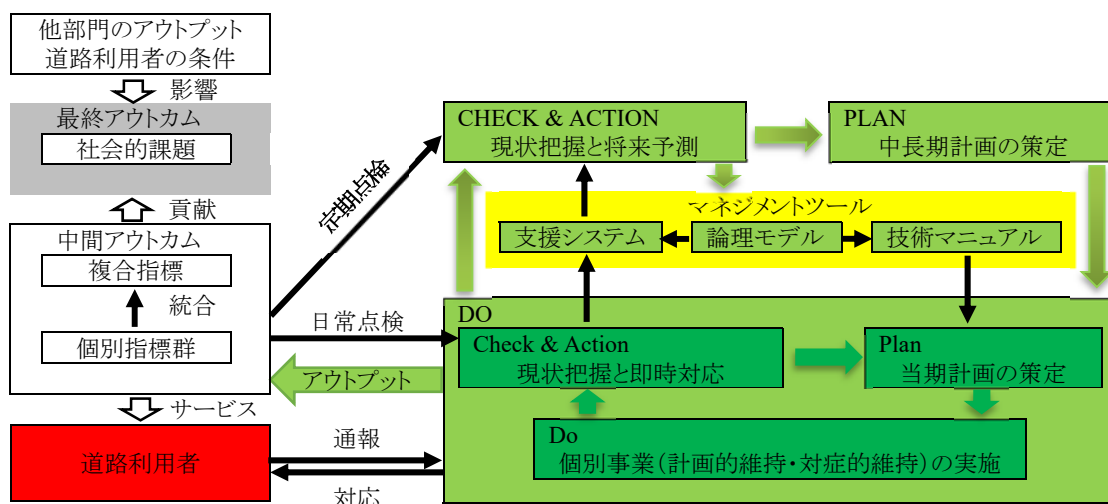


図 3.5.1 道路の維持管理に係るマネジメントサイクルの基本モデル

舗装の維持管理においては、道路管理者により提供されたアウトプットが舗装の性状を改善させ、その変化が中間アウトカムとして測定される。測定は定期点検あるいは日常点検を通して行われる。中間アウトカムはひび割れ率、わだち掘れ量、平坦性等の個別指標として測定され、そのまま個別指標としてあるいは維持管理指数 (Maintenance Control Index: MCI) 等の複合指標として記録・評価に用いられる。道路に係る社会的課題である交通事故等の最終アウトカムは他部門のアウトプット、道路利用者の条件等の外部要因の影響を受けるため、道路管理者の視点からは他律的である。

構造物の維持管理のために道路管理者が専門的に把握し評価している構造的状態が道路利用者にとって理解しやすいものではないのに対し、舗装の状態は道路利用者が知覚できる。道路のパフォーマンス(事業実施効果)に不満を持つ道路利用者が通報し、道路管理者の対応を道路管理者のパフォーマンス(業務執行効率)として評価する。

道路管理者は、点検・診断・措置・記録の PDCA サイクルを有する。診断とは措置の要否と優先順位付けに係る評価である。道路管理者の組織が、例えば都道府県の県庁本課と出先の土木事務所のように、2層構造であることから、当該サイクルも2層構造で表すことができる。企画部局は複数の実施部局を対象とした定期点検を行い、将来予測に基づき中長期計画を策定し当期予算を配分する。実施部局は日常点検と通報対応に基づき優先順位付けを行い、配分予算下で当期計画を策定した上で事業を実施し記録する。なお、予算単年度主義の日本においては、予算配分に係る当期とは当年度を意味する。

実施部局の業務品質を保証するために、データベース等の支援システムおよび管理規定等の技術マニュアルよりなるマネジメントツールが企画部局により管理されている。海外では実施部局の廃止の形でマネジメントサイクルの実施執行部分が外部化されることもある。実施執行が性能規定型維持管理契約 (Performance-Based Maintenance Contract: PBMC) の形式で委託された場合は契約図書がマネジメントツールとして機能する。PBMC の成功事例に共通する概念は、2層構造におけるマネジメントツールを見直すための観点として道路管理者が内部化できる。

### 3.5.3 研究テーマの具体化

第1章において、本研究の目的は、業務執行段階に着目し業務執行効率の向上に資する業務手順の改善策を提案すること、および計画策定段階に着目し事業実施効果の向上に資する優先順位付けを提案することとした。第2章において、本研究の方法論が、研究目的の達成のための研究テーマとしての具体化と、その研究テーマに係る論考の2ステップとなることを示した。本章では、前節までに道路の維持管理に係る国際的な動向を分析した。さらに、前項ではマネジメントサイクルの基本モデルを示した。基本モデルの主要な観点は、企画部局と実施部局の2層構造、中間アウトカムベースの計画的維持と対症的維持、個別指標群と複合指標による複合的評価、理論の枠組みである論理モデル、論理モデルに基づくデータベース等の支援システムおよび管理規定等の技術マニュアルよりなるマネジメントツール、時間

的遅れを伴わない日常点検の結果である。

ここで、表 3.5.1 に示すように、維持管理における 2 段階(業務執行段階と計画策定段階)と道路管理者の 2 層構造(企画部局と実施部局)を軸とした枠組みを用いて、本研究の目的を研究テーマとして具体化する。

表 3.5.1 研究テーマの具体化のための枠組み

段階 組織	業務執行段階	計画策定段階
企画部局	<p>テーマ A</p> <p>修繕予算配分の公平性と点検の省力化 ＜達成目標＞</p> <p>診断区分比率の活用と点検方法の選択肢の提案 ＜研究方法＞</p> <p>点検方法の多様化に応じた不良率の算出方法と得失の検証</p>	<p>テーマ C</p> <p>機能の観点からの予算配分の優先順位付け ＜達成目標＞</p> <p>複数の実施部局における維持管理水準の比較 ＜研究方法＞</p> <p>データ蓄積が進んだ舗装 3 特性(C, D, <math>\sigma</math>)の複合的評価</p>
実施部局	<p>テーマ B</p> <p>効率化の目的に応じた業務手順見直しの観点 ＜達成目標＞</p> <p>業務手順見直しの目的に応じて道路管理者が内部化すべき観点の提案 ＜研究方法＞</p> <p>PBMC 等の海外事例を対象に契約を構成する概念と実施効果との関係の分析</p>	<p>テーマ D</p> <p>機能の観点からの事業実施の優先順位付け ＜達成目標＞</p> <p>複数の事業箇所における維持管理水準の比較 ＜研究方法＞</p> <p>舗装 4 特性(C, D, <math>\sigma</math>, ポットホール)と附属物 2 工種(区画線, 道路標示)の複合的評価</p>

注) PBMC: Performance-Based Maintenance Contract . MQA: Maintenance Quality Assurance. C: ひび割れ率. D: わだち掘れ量.  $\sigma$ : 平坦性.

図 3.5.2 に示すように、定期点検と予算配分を行う企画部局については、点検結果の予算配分への活用を想定した点検方法の選択肢の提案と得失の検証(テーマ A)と点検結果を用いた複数の実施部局を対象とする維持管理水準の比較(テーマ C)が関係する。日常点検と個別事業を実施する実施部局については、点検と事業の外部委託における効率化およびパフォーマンスの観点の導入による直営業務の効率化(テーマ B)と点検結果を用いた複数の事業箇所を対象とする維持管理水準の比較(テーマ D)が関係する。

業務執行段階に関係する 2 テーマ(A, B)を第 4 章とし、計画策定段階に関係する 2 テーマ(C, D)を第 5 章とする。5.1 節ではテーマ C と D に共通して用いる指標であるパフォーマンス指数(Performance Index: PI)の算出方法と両テーマで検証すべき課題について述べ、続く 5.2, 5.3 節で両テーマについて論じる。

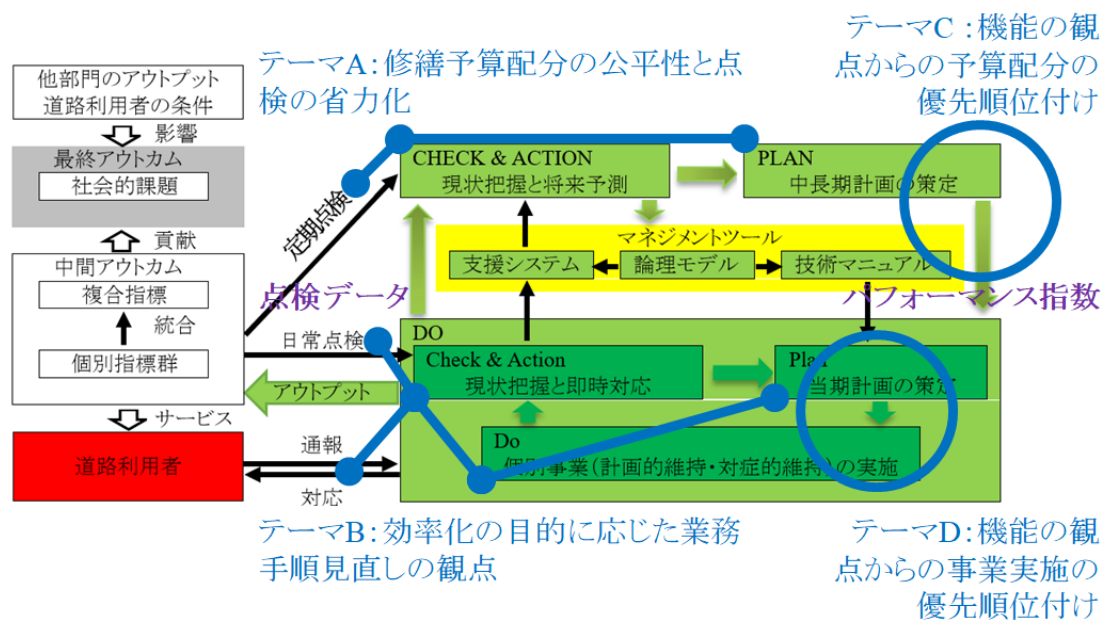


図 3.5.2 舗装の維持管理の効率化におけるテーマ A~D の位置付け

### 3.5.4 本研究の意義

#### (1) 既往研究のまとめ

通報という形での道路利用者の関与に関しては、2.1.3項で述べたように、PDCAサイクルの形のマネジメントサイクルとして提案されたものでは日本道路協会道路維持修繕委員会モデルと京都モデルが特徴的である。両モデルともに事後評価を重視しており、年間計画以上の長期の計画的維持を対象としている。本研究で予防的維持とともに対象とする対症的維持は道路管理者が行う日常点検あるいは道路利用者からの通報により維持管理ニーズが認知されるものであり、両モデルは、その分析モデルとしては不適當である。路上落下物、路面の変状や損壊、道路付帯施設の破損・損壊等の路上障害物の早期発見のための道路巡回についての研究は進められているが(貝戸ら, 2007), 対症的維持の業務全体について通報という形での道路利用者の関与という特徴を踏まえ論じたものは著者の知る限り見当たらない。

舗装と附属物の複合的の評価に関しては、3.2.3項で述べたように、多工種のHRIFを対象として維持管理ニーズを複合的に評価した研究事例は数少ない。研究事例はHRIF 以外に橋梁も対象として含め、附属物の健全性として機能の観点からのサービス水準ではなく残存耐用年数に着目している。また予算配分あるいは計画策定を目的とし、予算制約下の目的関数あるいは費用最小化の制約条件となるアウトカムを特定している。そのうちLi and Sinha (2003,2004)は道路の多機能性を前提としているが、Gharaibeh et al.(2006)やBai et al.(2012)と同様に旅行速度、事故率等の社会的課題の水準を表す指標を評価に用いている。Gharaibeh et al.とFwa and Farhan(2012)は基準適合割合すなわち指標の値と閾値の乖離を評価の視点に加えている。予算配分の実態について、Gharaibeh et al.によれば、目立たない施設に対する軽視が長期的にもたらす致命的劣化のリスクは見過ごせないが、実態はヒューリス

ティックに影響されている。予算配分のような最適化問題は最大の意味決定空間におけるすべての選択肢を対象とすべきであるが、Gharaibeh et al.が言及したように、実際の道路管理では橋梁のような安全を左右する工種に予算が優先的に配分されている。また、Li and Sinhaは過去の発注実績と最適解を比較した結果の高い一致率を報告したが、実態の最適性が保証されない中での実態との比較には大きな意味を見いだせない。著者の知る限り、HRIFの施設特性に基づくサービス水準を機能の観点から複合的に評価した研究は皆無である。

舗装と附属物の機能別健全指標の概念に関しては、3.4.3項で述べたように、実践事例では、EUとオーストラリア・ニュージーランド道路運輸交通協会 (Austroads) は、域内の舗装の横断面的ベンチマーキングを可能とするため、道路管理者間で定義が異なる路面特性に関する既存データを無次元数の指数に変換し、複数の指数を機能に対する相対的重要性により加重平均する複合指標を開発した。米国諸州における維持管理品質保証 (Maintenance Quality Assurance: MQA) プログラムのうち、機能を考慮しないMRPとTxMAPは資産区分に着目し、特性等の評点と重みにより資産区分の評点を得た後に、各資産区分の評点と重みにより全体の評点を得ている。機能を考慮する事例では、CompassはLOS等級付けにおいて機能の相対的重要性に応じた差別化を行い、MAPは機能の相対的重要度を維持管理行為の優先順位付けに用いている。しかし、道路の多機能性と舗装の特性および附属物の工種の多種性を同時に勘案したMQA事例は存在しない。一方、附属物を含む多工種の機能別健全指標の概念を提案した研究事例は存在する。Verhoeven and Flintsch (2011) は、道路管理者間また工種間で異なる状態評定システムを統一するために、工種ごとの機能別健全指標の概念を提案した。機能別健全評点を組み合わせて工区の施設健全評点を算出し、施設健全評点から区間の工種健全評点を計算し、さらに工種健全評点から区間健全評点と進めるアプローチである。Dehghanisanij et al. (2012, 2013) は、行政目標に対応した機能をネットワークレベルで評価するため、Verhoeven and Flintschのアプローチを修正した。工種ごとの機能別健全指標から工区の機能別健全評点、区間の機能別健全評点、さらに区間健全評点と進めるアプローチである。ただし、両事例における試算には附属物が含まれていない。舗装と橋梁を対象とした試算では、両工種が独立した別工区として扱われている。

## (2) 本研究の意義

本研究の目的から具体的な扱われるべき問題としてのテーマに至る方法論の独自性は以下の3つであるが、これらの独自性を持つ既往研究は存在せず、そこに本研究の学術的意義と独創性がある。

第1に舗装をサービスの場である路面を形成し道路利用者にサービスを提供する施設としてとらえ、維持管理の効率化において向上させるべき業務執行効率と事業実施効果について、道路利用者の視点と機能の観点からアプローチした。道路管理の分野に導入されつつあるメンテナンスサイクルは道路管理者の視点と構造の観点から検討が進められているが、舗装のメンテナンスサイクルに道路利用者の視点と機能の観点を内部化することの社会的価値は大

きい。

第 2 に道路の維持管理に係る国際的な動向分析として文献レビューによりマネジメントサイクルに係る知見および道路利用者の視点と機能の観点に係る知見を求め、マネジメントサイクルの基本モデルを明らかにした上で、研究目的を研究テーマとして具体化する手順とした。基本モデルは、機能の観点からの維持管理の水準を中間アウトカムにより評価し得る道路、道路のパフォーマンスと道路管理者のパフォーマンスを評価する道路利用者および企画部局と実施部局の 2 層構造の道路管理者よりなる。また、本研究における研究テーマの具体化のための手順の一部であるだけでなく、広く道路行政の進め方に係る研究のパースペクティブとして方法論的意義をもつ。

第 3 に道路利用者と道路の接点となる施設(HRIF)としての舗装の評価では、同じく HRIF である防護柵、道路標識、区画線等の附属物との複合的効果を見逃さないため、将来における舗装と附属物の複合的評価を見通して文献レビュー等を進めた。点検要領の策定を含め工種別に検討されている維持管理の工種横断的な検討の可能性を複合的評価の実例をもって示すことの先駆的意義は大きい。

具体化された研究テーマの前提と意義を表 3.5.2 に示すとともに、以下に解説する。研究テーマの前提は成果の限界を決定する要因の一つであり、現状をもって前提とした。また、新規性と検証する課題をもって意義とした。

表 3.5.2 研究テーマの前提と意義

テーマ	現状と新規性	課題と検証方針
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>舗装点検要領は三分法的診断、管理基準・点検頻度・点検手法の設定等は裁量</li> <li>点検方法の多様化に対応した修繕ニーズの比較と予算配分比の決定</li> </ul>	各点検方法の管理区間不良率と管理区間不良率に基づく配分比 ・国内主要幹線道路の実測データ 区間長 100m の $D_{\text{mean}}$ と $D_{\text{max}}$ 延長 10km の管理区間を 6 区間
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>現時点で PBMC(パフォーマンスベース、複数年)の日本への導入は不可能</li> <li>効果の発現要因として契約条項でなく、根底にある契約を構成する概念に着目</li> </ul>	契約を構成する概念と効果の関係 ・海外の PBMC 等 32 事例 契約条項 実施効果
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>維持管理指数(MCI)は保全以外の機能の観点を有さず</li> <li>道路管理者の視点(保全)に加え、道路利用者の視点による機能として安全と快適を勘案</li> </ul>	MCI とパフォーマンス指数の相関(補完性) ・国内主要幹線道路の実測データ 区間長 100m の C, $D_{\text{mean}}$ , $\sigma$ 延長 8km の管理区間を 3 区間
D	<ul style="list-style-type: none"> <li>区画線・道路標示は舗装と道路管理において密接に関係</li> <li>道路の多機能性と舗装の特性および附属物の工種の多種性を同時に勘案</li> </ul>	資産区分(舗装, 附属物)の重み係数 ・国内主要幹線道路の実測データ 区間長 100m の C, $D_{\text{mean}}$ , $\sigma$ 延長 2km の管理区間を 6 区間

#### a) テーマA

舗装点検要領は、道路の分類、管理基準・使用目標年数の設定、点検頻度・点検手法の設定等について道路管理者の判断に委ねている。このため評点化の方法、点検手法、調査の方法が多様化し、各道路管理者が損傷の程度と範囲に係る情報量と必要なコストを勘案した上で適切な方法を選択することになる。

道路管理者による選択にあたり根拠となり得る技術的知見を提供するために、舗装点検要領がもたらす点検方法の多様化に対応した選択肢を提案するとともに、修繕・補修ニーズの評価、維持管理水準の評価等、現場における診断結果の活用場面に応じた得失について比較する。

提案される方法は、点検の省力化と予算配分における客観性・公平性の確保に資するものである。また、補修閾値と管理目標の2通りの基準による不良率から当期実施分と次期予定分を選別することが可能となり、舗装点検要領が目指す「きめ細やかな管理」に貢献することが期待される。

#### b) テーマB

海外で導入が進み効果も報告されているPBMCであるが、そのパフォーマンスベースの積算体系と複数年度契約を、インプットベースの積算体系で単年度主義の日本の公共調達に導入することは不可能である。

この認識の下で、PBMC等の海外事例を対象に、契約を構成する概念(性能規定、性能保証、包括化、連続化、長期化)と効果の関係を分析し明らかにする。効果の発現要因として、契約条項そのものでなく、根底にある契約を構成する概念に着目した点に新規性がある。

PBMC等の事例分析により得られる契約を構成する概念と効果の関係に基づき、業務手順見直しの目的に応じて道路管理者が内部化すべき観点を提案する。維持管理の効率向上のためにPBMCを導入することは不可能でも、それを構成する概念を業務手順見直しの目的に応じた観点として道路管理者が内部化することは可能であり、現行の調達制度の下で有用である。さらに、制度上の課題に関する議論の進展と将来の制度改正を見通せば、当該内部化はPBMCの導入に不可欠な準備ともなることが期待できる。

#### c) テーマC

予算制約の激化により全ての維持管理ニーズへの対応が不可能となる事態も想定される。実施事業の優先順位付けが機能の観点から説明されれば道路利用者にもわかりやすい。現在、用いられている維持管理指数(Maintenance Control Index: MCI)は機能の観点から開発されたものではないため、MCIを補完する指標を開発する必要がある。

データ蓄積が進んだ舗装3特性(C, D,  $\sigma$ )の複合的評価をもって、複数の実施部局を対象としたベンチマーキングを実施する。MCIが着目する構造の健全性(保全)の観点に加え、道路利用者の視点による機能として安全と快適を勘案する。HRIFの施設特性に基づくサービス水準を機能の観点から複合的に評価した研究事例は皆無である。

複数の実施部局を対象とした予算配分の優先順位付けにおける課題を検証する。また、機能の観点からMCIを補完する複合指標を提案することで道路管理者の説明責任を支援するも

のである。

#### d) テーマD

区画線・道路標示は舗装の特性と異なり車輪通過位置に存在するものではないが、実際の道路管理においては両者の補修時期を調整する必要があるように、両者の間には密接な関係がある。

附属物の管理データは未整備であるため解析用データを生成した上で、舗装 4 特性(C, D,  $\sigma$ , ポットホール)と附属物 2 工種(区画線, 道路標示)の複合的評価をもって、複数の事業箇所を対象としたベンチマーキングを実施する。評点化の方法として、テーマ C で用いる正規化に加え、基準内率を考慮する。道路の多機能性と舗装の特性および附属物の工種の多様性を同時に勘案した MQA 事例は存在しない。

複数の事業箇所を対象とした事業実施の優先順位付けにおける課題を検証する。また、舗装と区画線・道路標示を路面上の特性として一体的に評価する試みは、多工種による複合的評価の実現性を高めるものである。



## 参考文献

- Adams, T. M. and Smith, J.: Maintenance Quality Assurance—Synthesis of Measures, Project 06-01, Midwest Regional University Transportation Center, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Wisconsin, Madison, 2005.
- Adams, T. M. and Smith, J.: Synthesis of Measures for Highway Maintenance Quality Assurance, Maintenance Management 2006, *Transportation Research Circular*, No. E-C098, pp.135–153, Transportation Research Board, 2006.
- Adams, T., Janowiak, S., Sierzchula, W. and Bittner, J.: Maintenance Quality Assurance Peer Exchange 2, Project 08-15, Midwest Regional University Transportation Center, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Wisconsin, Madison, 2009.
- Agar, P.: Road Trip, *The Asset Journal*, Vol.5, Issue 3, pp.8–9, Asset Management Council, 2011.
- Anastasopoulos, P. Ch., McCullouch, B. G., Gkritza, K., Mannering, F. L. and Sinha, K. C.: Cost Savings Analysis of Performance-Based Contracts for Highway Maintenance Operations, *ASCE Journal of Infrastructure Systems*, Vol.16, No.4, pp.251–263, 2010.
- Andrey, A. and McDermott, P.: The Managing Agent Contractor (MAC) Contract—Getting it Right the First Time, Developing a Research Agenda for Transportation Infrastructure, Preservation and Renewal Conference, November 12–13, Washington, D.C., 2009.
- Asano, M. and Tokunaga, R. A.: The Possibility of Implementing the Management Cycle of Winter Maintenance by Performance Measurement, Surface Transportation Weather and Snow Removal and Ice Control Technology, *Transportation Research Circular*, E-C126, Transportation Research Board of the National Academies, pp. 499–511, 2008.
- ASTM: Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys, D6433–07, 2007.
- Audit Scotland: Maintaining Scotland’s Roads—A follow-up report, 2011.
- Audit Scotland: Introduction to the Compendium, Council performance information for 2011/12, 2012.
- Austrroads: Network Performance Indicators—Next Generation, 2011.
- Bai, Q., Labi, S. and Li, Z.: Trade-off Analysis Methodology for Asset Management, Publication FHWA/IN/JTRP-2008/31, Joint Transportation Research Program, Indiana Department of Transportation and Purdue University, West Lafayette, Indiana, 2008.
- Bai, Q., Labi, S. and Sinha, K.: Trade-Off Analysis for Multiobjective Optimization in Transportation Asset Management by Generating Pareto Frontiers Using Extreme Points Nondominated Sorting Genetic Algorithm II, *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 138, No. 6, pp. 798–808, 2012.
- Bremmer, D., Cotton, K. C. and Hamilton, B.: Emerging Performance Measurement Responses to Changing Political Pressures at State Departments of Transportation—A Practitioners’ Perspective, *Transportation Research Record*, No.1924, pp.175–183, 2005.
- California Department of Transportation (Caltrans), LOS-2000 Evaluator’s Reference Module and Field Evaluation Guide, Caltrans Maintenance Program, 2009.
- Carpenter, B., Fekpe, E. and Gopalakrishna, D.: Performance-Based Contracting for the Highway Construction Industry—Final Report, Koch Industries Inc., Washington, D.C., 2003.
- Dehghanisani, M., Flintsch, G. W. and Verhoeven, J.: Framework for Aggregating Highway Asset

Performance Measures—Application to Resource Allocation Across Assets, *Transportation Research Record*, No. 2271, pp. 37–44, 2012.

Dehghani, M. S., Giustozzi, F., Flintsch, G. W. and Crispino, M.: Cross-Asset Resource Allocation Framework for Achieving Performance Sustainability, *Transportation Research Record*, No. 2361, pp. 16–24, 2013.

Dipompo L., Robinson M.: Performance-Based Contracting in the District of Columbia, 51st Annual Virginia Transportation Conference, Lexington, VA, October 18, 2001.

Ellis, R. M. and Thompson P. D.: Bridge Asset Valuation and the Role of the Bridge Management System, Bridges—Economic and Social Linkages (A) Session of the 2007 Annual Conference of the Transportation Association of Canada, Saskatoon, Saskatchewan, 2007.

EU: The way forward for pavement performance indicators across Europe, COST Action 354 Performance Indicators for Road Pavements, 2008.

EU Composite Indicators Research Group: 10-STEP GUIDE on composite indicators, European Commission, 2014. <https://composite-indicators.jrc.ec.europa.eu/?q=content/overview>

Fawcett, G., Henning, T., Pradhan, N. and Riley, M.: The Use of Composite Indices as Resurfacing Triggers, Fifth International Conference on Managing Pavements, August 11–14, Seattle, Washington, 2001.

Federal Highway Administration (FHWA): DC Streets is a Capital Success, *Focus newsletter*, March 2002.

Federal Highway Administration (FHWA): Guidelines for Transportation Management Systems Maintenance Concept and Plans, FHWA Report No.: FHWA-OP-04-011, 2002a.

FHWA: Pavement Preservation Definitions, Memorandum, 2005.

Florida Department of Transportation (FDOT): Highway Asset Management Contract, 2001.

Florida Department of Transportation (FDOT), Maintenance Rating Program Handbook, 2015.

Fwa, T. and Farhan, J.: Optimal Multiasset Maintenance Budget Allocation in Highway Asset Management, *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 138, No. 10, pp. 1179–1187, 2012.

Gao, L., Chi, S., Prozzi, J., Yildirim, Y., Zhang, Z., Centurion, C. and Murphy, M.: Peer State Assessment of TxDOT Maintenance Program and Practices—Workshop and Road Rally Findings, Center for Transportation Research at The University of Texas at Austin, 2011.

GASB: GASB Concepts Statement No. 5, Service Efforts and Accomplishments Reporting, 2008, GASB: Basic Facts about Service Efforts and Accomplishments Reporting, 2010.

Gharaibeh, N., Chiu, Y. and Gurian, P.: Decision Methodology for Allocating Funds across Transportation Infrastructure Assets, *Journal of Infrastructure Systems*, Vol. 12, No. 1, pp. 1–9, 2006.

Gilbertson, T.: The Hybrid Performance Based Management Strategy, REAAA/ARRB International Conference, Cairns, Queensland, Australia, 2003.

Governmental Accounting Standards Board (GASB): GASB Concepts Statement No. 5—Service Efforts and Accomplishments Reporting, 2008.

Gransberg, D. D., Scheepbouwer, E. and Tighe, S. L.: Performance-Specified Maintenance Contracting—The New Zealand Approach to Pavement Preservation, First International Conference on Pavement Preservation, April 13–15, Newport Beach, California, 2010.

Hancher, D. E.: Contracting Methods for Highway Construction, Transportation in the New

- Millennium, Transportation Research Board, 2000.
- Hatry, H. and Bryant, S.: Performance Measurement, World Bank, 1998.
- Hatry, H.: “Results-Based Budgeting” from Performance Measurement—Getting Results, Pre-Publication Version of Chapter 13, The Urban Institute Press, 2006.
- Hauser, K.: MDOT’ Maintenance Management System, Southeast Regional Maintenance Conference, MDOT, 2013.
- Highland Council: Scottish Road Maintenance Condition Indicator 2009, 2010.
- Highland Council: Road Asset Management Plan (RAMP) 2012/13, 2012.
- Highways Agency (HA): Managing Agent Contractor Contract, Model Service Information, Annex 15 – Performance Management and Measurement Framework, MAC, Issue 8, Revision 0, 2009a.
- Highways Agency (HA): Routine and Winter Service Code, Version 5.10, Amend No.3, 2009b.
- Highways Agency (HA): Highways Agency Lean Maturity Assessment Toolkit (HALMAT) Version 2, 2012a.
- Highways Agency (HA) Lean Team: Highways Agency Lean Maturity Assessment Toolkit (HALMAT) Best Practice FY 2011 to 2012, 2012b.
- Hoffman, G. L., Bhajandas, A. and Mallela, J.: Issues and Practices in Performance-Based Maintenance and Operations Contracting, NCHRP Project 20-24(61), National Cooperative Highway Research Program, 2010.
- Hosni, Y. and Khalafallah, A.: Florida Maintenance Rating Program (MRP) —Assessment and Enhancement, University of Central Florida, 2008.
- Hyman, W.: Guide for Customer-Driven Benchmarking of Maintenance Activities, *NCHRP Report*, No.511, Transportation Research Board, 2004.
- Hyman, W.: Performance-Based Contracting for Maintenance, *NCHRP Synthesis*, No.389, Transportation Research Board, 2009.
- Li, Z. and Sinha, K.: Multicriteria Highway Programming Incorporating Risk and Uncertainty -- - A Methodology for Highway Asset Management System, FHWA/IN/JTRP-2003/21, Purdue University, 2003.
- Li, Z. and Sinha, K.: Methodology for Multicriteria Decision Making in Highway Asset Management, *Transportation Research Record*, No. 1885, pp. 79–87, 2004.
- Lund, E. A.: Privatization of Road and Bridge Maintenance in British Columbia—Transfer of Public Employees to the Private Sector, British Columbia Experience. Presented at World Bank Road Management Training Seminar, Washington, D.C., December 18, 1996.
- Manion, M. and Tighe, S. L.: Performance-Specified Maintenance Contracts—Adding Value through Improved Safety Performance, *Transportation Research Record*, No.1990, pp.72–79, 2007.
- Markow, M. J.: Performance-Based Highway Maintenance and Operations Management, NCHRP Synthesis 426, Transportation Research Board of the National Academies, 2012.
- Mississippi DOT: Annex 1- Emergency Traffic Signal Repair Response Plan, Comprehensive Emergency Transportation Response Plan (CETRP), 2001.
- Mississippi Department of Transportation (MDOT): AMMO Data Collection Manual, 2007.
- Morian, D. A., Mack, J. W. and Chowdhury, T.: The Role of Pavement Preservation in Privatized

Maintenance, Roadway Pavement Preservation 2005, Transportation Research Circular E-C078, pp.173-183, 2005.

Munn, N.: Texas Maintenance Assessment Program (TxMAP), Texas Department of Transportation, 2008.

New Zealand Transport Agency: State Highway Asset Management Plan 2012–15, 2011.

OECD: Performance Indicators for the Road Sector, Road Transport Research Programme, 1997.

OECD: Handbook on Constructing Composite Indicators—Methodology and User Guide, 2008.

Pakkala, P.: Innovative Project Delivery Methods for Infrastructure— An International Perspective, Finnish Road Enterprise, Helsinki, 2002.

Porter, T.: International Trends in Procurement Models for Highway Maintenance, Contracting the Future NZIHT Symposium, 2001.

Ribreau, N.: Highway Maintenance Outsourcing Experience—Synopsis of Washington State Department of Transportation’s Review, *Transportation Research Record*, No.1877, pp.3–9, 2004a.

Ribreau, N.: Synopsis of WSDOT’s Review of Highway Maintenance ‘Outsourcing’ Experience, Prepared for Transportation Research Board Committee A3C01, Maintenance and Operations Management, 2004b.

Richard G.: Using LEAN Six Sigma to Produce a High Performance Government, The U.S. Conference of Mayors, 2005

Sadek, A. W., Kvasnak, A. and Segale, J.: Integrated Infrastructure Management Systems—Small Urban Area’s Experience, *Journal of Infrastructure Systems*, Vol. 9, No. 3, pp. 98–106, 2003.

Schmitt, R. L., Owusu-Ababio, S., McElroy, W. M. and Weed, R. M.: Level of service ranking using the Percent-Within-Limits measure, Maintenance Management 2012, *Transportation Research Circular*, E-C163, Transportation Research Board of the National Academies, pp. 121–135, 2012.

Scott III, S., Ferragut, T., Syrnick, M. and Anderson, S.: Guidelines for the Use of Pavement Warranties on Highway Construction Projects, National Cooperative Highway Research Program, Report 699, 2011.

Segal, G. F., Moore, A. T. and McCarthy, S.: Contracting for Road and Highway Maintenance, Reason Public Policy Institute, Los Angeles, 2003.

Segal, G. F. and Montague, E.: Competitive Contracting for Highway Maintenance—Lessons Learned from National Experience, The Washington Policy Center Publication, 2004.

Shetland Islands Council: Roads Service Plan 2011–12, 2010.

Smith, J. and Adams, T. M.: Measures for Highway Maintenance Quality Assurance, Proceedings of the 2005 Mid-Continent Transportation Research Symposium, Ames, Iowa, 2005.

Sobanjo, J. O. and Thompson, P. D.: Decision Support for Bridge Programming and Budgeting, 2.3 Performance measures, Florida Department of Transportation, 2007.

Stankevich, N., Qureshi, N. and Queiroz, C.: Performance-based Contracting for Preservation and Improvement of Road Assets, Transport Note No. TN-27, The World Bank, 2005.

Stenbeck, T.: Effects of Outsourcing and Performance-Based Contracting on Innovations, *Transportation Research Record*, No.1948, pp.3–8, 2006.

Stivers, M. L., Smith, K. L., Hoerner, T. E. and Romain, A. R.: Maintenance QA Program

Implementation Manual, *NCHRP Report*, No.422, Transportation Research Board, National Research Council, 1999.

Thompson, P. D. and Shepard, R. W.: AASHTO Commonly-Recognized Bridge Elements—Successful Applications and Lessons Learned, Prepared for the National Workshop on Commonly Recognized Measures for Maintenance, 2000.

Transit New Zealand: State Highway Maintenance Contract Proforma Manual and Pre-Qualification Procedure Manual, Appendix C4, PSMC Model – Maintenance Specifications, 2003.

Transport Scotland, Convention of Scottish Local Authorities (COSLA), Society of Chief Officers of Transportation in Scotland (SCOTS), Society of Local Authority Chief Executives (SOLACE), and Scottish Road Works Commissioner: National Roads Maintenance Review, 2012.

Transportation Research Board: Short-Term Responsive Maintenance Systems, *NCHRP Synthesis of Highway Practice* 173, 1991.

TRB: Glossary of Highway Quality Assurance Terms—Fourth Update, *Transportation Research Circular E-C137*, 2009.

TRB: An Asset Management Framework for the Interstate Highway System, *NCHRP Report*, No.632, Transportation Research Board, 2009.

TRB: Development of Levels of Service for the Interstate Highway System, *NCHRP Report*, No.677, Transportation Research Board, 2010.

UK Department for Communities and Local Government: National Indicators for Local Authorities and Local Authority Partnerships, Handbook of Definitions, Annex 4 Local Economy and Environmental Sustainability, 2008.

Verhoeven, J. and Flintsch, G. W.: Generalized Framework for Developing a Corridor-Level Infrastructure Health Index, *Transportation Research Record*, No. 2235, pp. 20–27, 2011.

Virginia DOT (VDOT): Dashboard v3.0, Virginia Department of Transportation HP, 2013.

Washington State Department of Transportation (WSDOT): Maintenance Accountability Process Manual, 2012.

Washington State Department of Transportation (WSDOT): Maintenance Performance Measures, Washington State Department of Transportation HP, 2013.

Washington State Department of Transportation (WSDOT): 2015-2017 Maintenance Activities—Priority Matrix, 2015.

Western Bay of Plenty District Council and Transit New Zealand: PBC-01 ‘Bay Roads’ – Maintenance Specification, 2002.

Wisconsin Commission on Transportation Finance and Policy: State Highway Maintenance Policy Issue Paper, 2012.

Wisconsin DOT: Highway Maintenance Response Time Standards, V. 2, Transportation Synthesis Report, 2004.

Wisconsin Department of Transportation (WisDOT): Compass Rating Manual (Rating Manual. Compass Sum. 2015), 2015.

Wrbican B.: Clear data gives better insight of the future, *Engineer Live!*, 2005. <http://www.engineerlive.com/asiapacific-engineer/plant-management/2627/clear-data-gives-better-insight-of-the-future.shtml>

Zietlow, G. J.: Cutting Costs and Improving Quality through Performance- Based Road Management and Maintenance Contracts—The Latin American and OECD Experiences, University of Birmingham (UK), Senior Road Executives Programme, Restructuring Road Management, 24–29 April, Birmingham, 2005.

Zimmerman, K. A. and Stivers, M.: A Guide to Maintenance Condition Assessment Systems, NCHRP Project 20-07, Task 206, Transportation Research Board, 2007.

Zimmerman, K. A. and Yurek, R.: Best Practices in Highway Maintenance Performance Measuring, Maintenance Management 2012, *Transportation Research Circular*, No. E-C163, pp.75–88, Transportation Research Board, 2012.

東信男:イギリスにおける発生主義財務情報の活用状況—政策評価に焦点を当てて, 会計検査研究, No.46, pp.151–165, 2012.

飯尾潤:政局から政策へ——日本政治の成熟と転換, 第5章 行政改革と政治主導, p. 183, NTT 出版, 2008.

石川恵子:英国の地方自治体における業績指標の監査—包括的業績評価(CPA: Comprehensive Performance Assessment)を手がかりにして, 会計検査研究, No.29, pp.157–168, 2004.

猪熊明:土木分野における性能規定化に関する基礎的考察, 土木学会論文集, No.651/VI-47, pp.163–168, 2000.

大堀勝正, 森岡弘道, 森地茂:道路維持体制の人員配分手法と適用事例, 土木学会論文集 F, Vol.64, No.4, pp.381-393, 2008.

貝戸清之, 小林潔司, 加藤俊昌, 生田紀子:道路施設の巡回頻度と障害物発生リスク, 土木学会論文集 F, Vol. 63, No. 1, pp.16-34, 2007.

角田圭志:「性能規定」による道路維持工事の実施状況について, 平成 23 年度スキルアップセミナー関東, 関東地方整備局, 2011.

瑕疵保証のあり方に関する研究会:瑕疵保証のあり方に関する研究会報告書, 2005.

建設省道路局企画課(吉田武):標識意見箱『標識 BOX』;あなたのご意見を標識 BOX にお寄せ下さい, 道路, Vol. 582, pp.40-41, 1989.

建設通信新聞:東北整備局/全国初/性能管理型舗装を試行, 6月1日付, 2011.

国土交通省道路局企画課道路事業分析評価室(田中創):道の相談室の体制強化, 道路, Vol. 772, pp.8-10, 2005.

国土交通省道路局企画課道路事業分析評価室(三浦千加):道路緊急ダイヤル『#9910』の全国展開について, 道路, Vol. 785, pp.28-29, 2006.

国土交通省:平成 22 年度政策チェックアップ評価書, 2011a.

国土交通省:国土交通省所管公共事業の完了後の事後評価実施要領, 2011b.

国土交通省:政策評価, 国土交通省 HP, 2012.

政策評価各府省連絡会議:政策評価の実施に関するガイドライン, 平成 17 年 12 月 16 日政策評価各府省連絡会議了承, 2005.

石磊, 大西正光, 小林潔司:ペイオフ外部性と性能規定型維持管理契約, 土木学会論文集 D, Vol.63, No.3, pp.344-359, 2007.

田中直毅, 国際公共政策研究センター:10 のポイントで考える日本の成長戦略, 東洋経済新報社, 2013.

道路構造物の今後の管理・更新等のあり方に関する検討委員会:道路構造物の今後の管理・更新等のあり方, 2003.

日刊建設工業新聞:東北整備局/長期保証付き工事を制度化/新設アス舗装で試行開始, 保証期間5年, 2月2日付, 2010a.

日刊建設工業新聞:関東整備局大宮国道/性能規定による道路維持工事を公告/全国初の試み, 1月29日付, 2010b.

日本道路協会:舗装の構造に関する技術基準・同解説, 丸善, 2001.

日本道路協会道路維持修繕委員会:道路資産管理の手引, 2008.

平出純一:性能規定方式による舗装工事の試行, 舗装, Vol.34, No.5, pp.30-32, 1999.

舗装工学委員会路面性状小委員会:路面性状に関する用語集, 土木学会 HP, 2015.

本城勇介, 諸岡博史:国家賠償法 2 条の瑕疵判例より見た社会基盤施設の安全性と技術者の責任, 土木学会論文集 F, Vol.66, No.1, pp.1-13, 2010.

前田隆:舗装工事の長期保証制度—道路舗装の長寿命化に向けて, 舗装, Vol.45, No.11, pp.40-43, 2010.

三輪徳子:国別プログラム評価の困難性を超えて—実践的方法論に関する考察と試案—, 日本評価研究, 第5巻第1号, pp.27-44, 2005.

八千代エンジニアリング株式会社:平成 22 年度道路舗装の性能管理に関する検討報告書, 2011.

山田治徳:なぜ指標なのか—行政評価の実効性の向上のために「比較—改善」サイクルの活用を, 会計検査研究, No.34, pp.17-32, 2006.

This page is intentionally left blank.



## 第4章 効率の向上に資する維持管理の業務手順の見直し

### 4.1 修繕予算配分の公平性と点検の省力化

#### 4.1.1 舗装点検要領の規定と検証すべき課題

##### (1) 診断区分とPD

舗装点検要領は、診断の区分としてI(健全)、II(表層機能保持段階)、III(修繕段階)を規定しており、管理区間の修繕ニーズを当該区間における区分IIIの施設数量により表すことができる。区分IIIを「管理基準に照らし、それを超過している又は早期の超過が予見される状態」と定義しており、管理基準は区分IIと区分IIIの境界すなわち区分IIの上限規格値となる。一定延長の区間において点検で得られた情報(以下、「測定データ」という)が複数存在する場合、図4.1.1に示すような測定データの度数分布が得られる。測定データは舗装の状態を表す指標の測定値である。診断による舗装状態の判定は測定データのみならず表層の供用年数や補修履歴等を勘案し適切になされるものであるが、本テーマでは簡単のために、測定データだけで決定されるものとする。これにより、度数分布の部分割合により診断区分の比率が決まり、診断区分別の施設数量は全施設数量に当該比率を乗じることで得られる。また、区間の全体が同一のパフォーマンスカーブにより特徴付けられるものとする。本テーマでは、管理区間の修繕ニーズを当該区間における区分IIIの施設数量により表し、次式で定義される比率を不良率(Percent Defective: PD)と呼ぶ。

$$PD = \left( \frac{Q_{defective}}{Q_{whole}} \right) 100 \quad (4.1.1)$$

ここで、PD:PD(%),  $Q_{defective}$ :不良とされた施設数量,  $Q_{whole}$ :全施設数量。

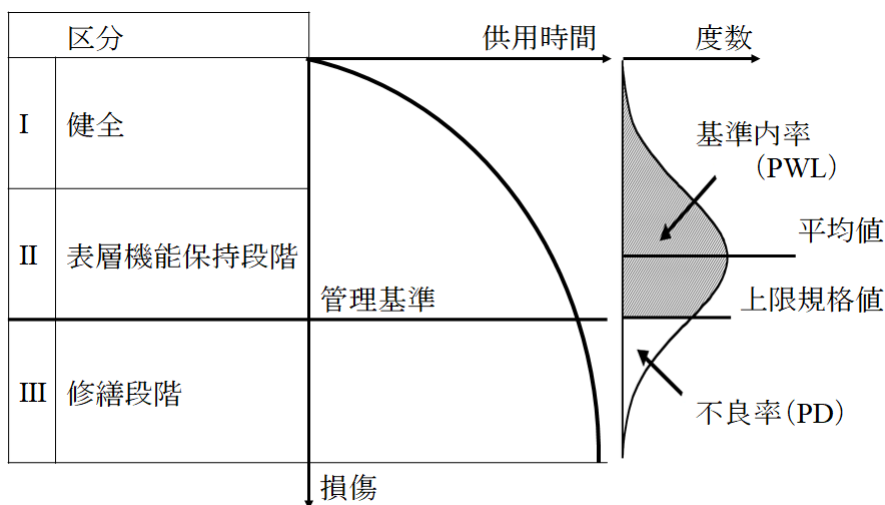


図 4.1.1 舗装の診断区分と測定データの度数分布

PD とは規格値を満足しない百分率, 基準内率 (Percent Within Limit: PWL) とは規格値を満足する百分率を指す. 規格値には, 維持管理指数 (Maintenance Control Index: MCI) の判断基準「5 以上であれば望ましい管理水準, 4 以下であれば修繕が必要, 3 以下であれば早急に修繕が必要」(建設省, 1980) のような下限規格値 (Lower Specification Limit: LSL) と, ひび割れ率, わだち掘れ量, 平坦性による補修要否判断の目標値 (道路維持修繕要綱, 1978) のような上限規格値 (Upper Specification Limit: USL) がある. 米国交通調査委員会 (Transportation Research Board: TRB) によれば, 品質保証 (Quality Assurance: QA) とは製品や施設が要求された品質を満足していることを保証するのに必要な証拠を提供する活動であり, 品質を定量化するために確立された尺度には PD, PWL, 品質指数 (Quantify index: Q) が含まれている (TRB, 2009). 品質指数 Q は標本の平均と標準偏差を規格値に関連付けたものであり, 適切な表とともに用いることで PD や PWL を推定することができる. 米国連邦道路庁 (Federal Highway Administration: FHWA) は, 施工に係る品質保証における最善の指標として, 母集団の中心と散らばりの数値的尺度を与える PWL の使用を推奨している (Burati et al.; 2002, p71, 86; 2004, p33). PWL は性能規定型契約の精算におけるボーナス, ペナルティ等を決定する支払い係数 (pay factor) の算出にも用いられる. 日本では八谷 (2012) が, 空港舗装における施工性能の定量化のために, 表層アスファルト混合物のコアの締固め度データに対して PWL を用いた評価を行っている. 維持管理の分野では, 米国諸州が道路施設に係る独自の維持管理品質保証 (Maintenance Quality Assurance: MQA) プログラムにおいて, 施設特性の評点化に PD あるいは PWL を用いている. 複数の評価単位区間 (各 160m) からなる管理区間の PD を求める方法には属性法 (method of attributes) と変量法 (method of variables) がある. 舗装の場合, 属性法は評価単位区間内の損傷の有無に着目し, 損傷があれば当該評価単位区間は不良と評点化される. 変量法は評価単位区間内の損傷の延長に着目し, 当該延長の 160m に対する割合により当該評価単位区間が評点化される. 管理区間 PD は, 属性法では不良区間数の全区間数に対する割合で与えられ, 変量法では全損傷延長の管理区間延長に対する割合で与えられる (Schmitt et al., 2012). Schmitt et al. (2006) は, MQA プログラムに適用できる統計学の知見を整理するとともに, 区間推定された PD の信頼限界を基準値と比較することで管理区間の合否を判定する方法を提案した. Weed et al. (2007) は, 施設特性として LOS (level of service), 統計指標として PD を用いて, 修繕ニーズにより管理区間の優先順位付けを行う方法を提案した. 母集団の確率分布を問わない属性法と, 正規分布を前提とするものの信頼区間を狭くできる変量法の 2 通りである. データの蓄積が不十分で母集団の正規分布の有無が明らかでない場合は, 標本のヒストグラムの形状から判断することとしている.

## (2) 道路管理者の判断

舗装点検要領は, 道路の分類, 管理基準・使用目標年数の設定, 点検頻度・点検手法の設定等について道路管理者の判断に委ねている.

## a) 評点化の方法

舗装点検要領は、健全性の診断の単位について規定していない。橋梁とトンネルについては、健全性の診断の単位が 2 段階で設定されている。橋梁では部材単位と道路橋毎、トンネルでは変状等とトンネル毎である。構造物毎の健全性の診断は、構造物の管理者が保有する構造物全体の状況を把握するなどの目的で行うものである。一般には、構造物の性能に影響を及ぼす主要な部材あるいは利用者や構造物の機能に影響を及ぼす変状等に着目して、最も厳しい健全性の診断結果で代表させることができる、としている(国土交通省;2014a, 2014b)。本テーマにおける評価単位区間が構造物毎に相当するものとし、先述の評点化の方法に照らせば、個々の損傷に着目する変量法と最も厳しいもので代表させる属性法の思想が見受けられる。2013 年に実施された道路ストックの総点検において国土交通省が示した方針は、市町村は概ね 100m 毎の評価単位区間内の平均的なひび割れ率(度)、わだち掘れ量、IRI を評価すること(国土交通省, 2013a)、直轄国道では調査結果の整理は管理単位延長(100m)ごとに行うこと、およびわだち掘れ量は 20m ごと 5 断面の外側わだち部と内側わだち部の 10 個の値より最大値と平均値を計算すること(国土交通省, 2013b)であった。修繕ニーズを明らかにするためには、損傷の程度と範囲を把握する必要がある。しかし、主要な路面特性として測定されることの多い、ひび割れ、わだち掘れ、縦断凹凸は、評価単位区間の平均値の形で評価に用いられる。図 4.1.1 に示すように、区間平均値は、評価単位区間における複数の測定データを必要としながら、評価においては部分的な損傷に係る情報を提供し得ない。区間最大値では損傷の程度は把握できるが範囲は不明である。評価単位区間の細分化はデータの増加を伴い、記録の煩雑化をもたらす。

本テーマでは、評価単位区間の延長を 100m とし、評点化の方法として属性法と変量法を用いる。

## b) 点検手法

舗装点検要領は、点検手法について「目視又は機器を用いた手法など道路管理者が設定する適切な手法」と規定している。機器を用いた手法により複数の測定データが得られ、目視による診断で基準内・不良の別が得られる。亀山らは、100m の評価単位区間の損傷レベルを 3 段階(小・中・大)で判定する目視点検として歩きながら点検する歩行点検と走行車両から点検する走行点検の 2 方法を考え、走行点検でもスクリーニングを目的とした舗装の一次点検としては実用に値する精度であることを検証した(亀山ら, 2015)。目視点検による場合、損傷の程度と範囲の両方に誤差を含む可能性がある。しかし、機器を用いた場合も、離散的に配置された測定点以外の部分は測定されないため、同様の誤差を含む可能性がある。

本テーマでは、目視点検により評価単位区間内の不良部分の識別とその大まかな延長割合の把握が可能であるとの立場から、目視による診断と延長測定を点検手法に加える。

これまでに述べた評点化の方法、点検手法および評価単位区間データの関係ならびに管理区間 PD の例を図 4.1.2 に示す。評価単位区間データとして、複数の測定データとは、機器

を用いた手法により、ある1つの評価単位区間内の複数の箇所で得られた例えばわだち掘れ量である。PDとは、ある1つの評価単位区間内の例えばわだち掘れの分布から推定される、評価単位区間のPDである。基準内・不良の別とは、ある1つの評価単位区間が基準内と考えられるか、不良と考えられるかという二分的な評点である。点検手法として機器を用いた手法を選択した場合、点検に係るコストは最大となるが、得られた複数の測定データからPDと基準内・不良の別、さらには区間平均値や区間最大値を求めることができる。目視点検により評価単位区間内の不良部分の識別とその大まかな延長割合の把握が可能であるとの本テーマの立場については既に述べた。目視による診断と延長測定とは、例えば図4.1.2の第2評価単位区間において不良部分の範囲が4割程度であると把握することである。評価単位区間データとしてPDを用いることにより、属性法による評点では同等とされた複数の評価単位区間の損傷の範囲を比較できる。管理区間PDについては属性法が変量法よりも高い値となる。これは、属性法では不良とされた評価単位区間に存する基準内部分が管理区間PDに反映されないためである。

評点化の方法	点検手法	評価単位区間データ	100m				管理区間PD
			100m	100m	100m	100m	
変量法	機器を用いた手法	複数の測定データ					3/20 15%
	目視による診断と延長測定	PD	0%	40%	20%	0%	60/4 15%
属性法	目視による診断のみ	基準内・不良の別	基準内	不良	不良	基準内	2/4 50%

注) 複数の測定データは評価単位区間内の5測定点のものであり、区分Iを緑色、区分IIを黄色、区分IIIを赤色で示す。区分IIIを不良とみなす。

図4.1.2 評点化の方法、点検手法および評価単位区間データの関係ならびに管理区間PDの例

### c) 調査の方法

舗装点検要領は、計画的な点検を規定しているが、非点検区間のデータについては規定していない。従前のマネジメントシステムは、過年度の測定データと予測式を用いて非点検年次のデータを補完するものが一般的である。施設の状態・性能に関するネットワークレベルでの点検結果の蓄積と予測に基づき、管理水準とライフサイクルコスト(LCC)の観点から最適な計画立案と予算配分を行うマネジメントの一例である。相応の予算と技術を要するこの方式が全ての道路において適当であるとは限らない。また、この方式であつても新規に導入する場合には、ベースラインとなる過年度の測定データを全ての評価単位区間について揃えるには点検n箇年計画の一巡を待たねばならない。管理区間の修繕ニーズを表す区分IIIの施設数量は、全ての評価単位区間の診断区分が与えられた場合には区分IIIとされた部分の施設数量の総和として得られるが、そうでない場合には別の方法が必要となる。

本テーマでは、区分IIIの施設数量は全施設数量にPDを乗じることで得られることと、標本

の平均と標準偏差を規格値に関連付けた品質指数  $Q$  を適切な表とともに用いることで  $PD$  を推定できることに着目する。舗装点検要領は管内の道路を分類  $A\sim D$  に区分することとしているが、管理区間は区分された道路であり母集団として推定できるものとする。調査の方法として、推定を用いる標本調査と用いない全数調査を区別する。管理区間のデータは、過年度に点検された評価単位区間のデータの有無と予測式の有無により、当年度点検によるもの、過年度データと予測式によるもの、当年度データを標本とする推定によるものの3つに類型化される。例えば図 4.1.3 に示すように点検9箇年計画の5年目の場合、4年目までの点検データを用い予測式による部分と5年目の点検データを用いて推定する部分が混在する。計画が一巡目でない等により過年度データが完全であり、かつ予測式が存在すれば全数調査となる。

	予測式 有り	予測式 無し																		
過年度データ 完全	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>6</td><td>5</td><td>4</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> </table>	1	2	3	6	5	4	7	8	9	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>6</td><td>5</td><td>4</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> </table>	1	2	3	6	5	4	7	8	9
1	2	3																		
6	5	4																		
7	8	9																		
1	2	3																		
6	5	4																		
7	8	9																		
過年度データ 不完全	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>6</td><td>5</td><td>4</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> </table>	1	2	3	6	5	4	7	8	9	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>6</td><td>5</td><td>4</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> </table>	1	2	3	6	5	4	7	8	9
1	2	3																		
6	5	4																		
7	8	9																		
1	2	3																		
6	5	4																		
7	8	9																		

注) 着色された9つのセルは評価単位区間の群を表し、数字は点検の順序を表す。例示は点検9箇年計画の5年目の場合である。

- 凡例
- i 当年度点検による
  - i 過年度データと予測式による
  - i 当年度データを標本とする推定による

図 4.1.3 管理区間データの類型化

### (3) 本テーマの位置付け

舗装に係る点検・診断・措置・記録のメンテナンスサイクルを機能させるためには措置の実施を担保する予算の確保が必要である。実施部局は所管する管理区間の修繕ニーズに応じた修繕予算を配分される。財政の厳しい道路管理者のように全ての修繕ニーズに見合う予算を確保できるとは限らない場合に重視すべきは予算配分における客観性と公平性の確保である。コストを伴う法定点検の結果は、予算を要求し維持管理を実施する実施部局のみならず、予算を配分する企画部局にとっても重要な情報である。予算配分における修繕ニーズを施設数量ベースとすることは、実施部局の主観を排除しきれない費用ベースとするよりも客観的かつ公平であると言える。一方、既に述べたように舗装点検要領の下では 1) 評点化の方法, 2) 点検手法, 3) 調査の方法が多様化し、道路管理者は損傷の程度と範囲に係る情報量と点検に係るコストを勘案した上で適切な方法を選択しなければならない。

本テーマでは、点検方法の多様化の選択肢は、1) 変量法あるいは属性法、2) 機器を用いた手法、目視による診断と延長測定あるいは目視による診断のみ、3) 推定を用いない全数調査あるいは推定を用いる標本調査である。評点化の方法と点検手法により決まる評価単位区間データは、i) 複数の測定データ、ii) PD, iii) 基準内・不良の別である。表 4.1.1 に評点化の方法と点検手法および評価単位区間データの関係を示す。例えば、点検手法として機器を用いた手法を選択した場合、点検に係るコストは最大となるが、得られた複数の測定データから PD と基準内・不良の別、さらには区間平均値や区間最大値を求めることができる。4.1.2 項で、評価単位区間データと調査の方法に応じた管理区間の PD(以下、「管理区間 PD」という)の算出方法を明らかにする。本テーマで提案する方法は、点検の省力化および措置の実施を担保する予算配分における客観性と公平性の確保に資するものとして、既にマネジメントシステムを構築している道路管理者でも参考になるものを目指している。さらに、4.1.3 項で、管理区間 PD の算出方法が管理区間 PD と予算配分比に与える影響について、いくつかの課題を検証する。上記の道路管理者による選択にあたり根拠となり得る技術的知見を提供するためである。著者の知る限り、舗装点検要領がもたらす点検方法の多様化に対応した修繕ニーズの比較と予算配分比の決定に関する研究事例は見あたらない。

#### 4.1.2 管理区間不良率の算出方法

##### (1) 複数の測定データによる推定

正規分布を用いる統計学的検定のように標準正規分布曲線の下での面積パーセントを用いる場合、観測値は次式により標準化される。

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (4.1.2)$$

ここで、Z:標準正規分布表で用いる Z 統計量, X:観測値,  $\mu$ :母集団の平均,  $\sigma$ :母集団の標準偏差。

品質指数 Q は次式で定義されている。

$$Q_L = \frac{m - LSL}{s} \quad (4.1.3)$$

$$Q_U = \frac{USL - m}{s} \quad (4.1.4)$$

ここで、 $Q_L$ :下限規格値を用いた品質指数,  $Q_U$ :上限規格値を用いた品質指数, LSL:下限規格値, USL:上限規格値, m:標本の平均, s:標本の標準偏差。

管理区間 PD を点推定する場合は、FHWA (Weed, 1996) が公開している PD 表を用いる。標本サイズ毎に用意された表で、品質指数 Q の小数第 1 位までを左の見出しから、小数第 2 位を上の見出しからそれぞれ読み取れば、交わった欄の値が当該 Q に対応した管理区間 PD の値となる。

Schmitt et al.(2006)によれば, 管理区間 PD を区間推定する場合, 信頼区間の下限と上限は次式で得られる.

$$Z_L = -Q + Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{Q^2}{2n}} \quad (4.1.5)$$

$$Z_U = -Q - Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{Q^2}{2n}} \quad (4.1.6)$$

ここで,  $Z_L$ : 下限  $p_L$  に対応した  $Z$  統計量 ( $PD_L=100p_L$ ),  $Z_U$ : 上限  $p_U$  に対応した  $Z$  統計量 ( $PD_U=100p_U$ ),  $Z_{\alpha/2}$ : 信頼水準 (Confidence Level: CL) に対応した  $Z$  統計量 (CL=95%ならば  $\alpha/2 = 0.025$ ,  $Z_{\alpha/2}=-1.96$ ),  $n$ : 標本サイズ,  $Q$ : 式(4.1.3)あるいは(4.1.4)による品質指数. 標準正規分布表を用いる場合には,  $Z$  統計量の絶対値に着目することと, 求められた  $p_L$  および  $p_U$  を 1.0 あるいは 0.5 とされる全体から差し引くことに留意する必要がある.

## (2) 基準内・不良の別による推定

基準の適合・不適合のような二分的 (dichotomous) な母集団における不適合割合は, 点推定の場合, 次式で表せる.

$$p = k/n \quad (4.1.7)$$

ここで,  $p$ : 母集団における不適合割合 ( $PD=100p$ ),  $k$ : 不適合とされた評価単位区間の数,  $n$ : 標本サイズ.

区間推定の場合, 信頼区間の下限と上限は, それぞれ二項分布の累積分布関数の形で表された以下の式の  $p$  となる.

$$\sum_{x=k}^n {}_n C_x p^x (1-p)^{n-x} = \alpha/2 \quad (4.1.8)$$

$$\sum_{x=k+1}^n {}_n C_x p^x (1-p)^{n-x} = 1 - \alpha/2 \quad (4.1.9)$$

ここで,  $x$ : 不適合とされる評価単位区間の数を表す変数,  ${}_n C_x$ : 二項係数 ( ${}_n C_x = (n(n-1)\dots(n-x+1)) / x! = n! / x!(n-x)!$ ),  $\alpha$ : 信頼区間が  $p$  を含まない確率 (CL=95%ならば  $\alpha = 0.05$ ). 離散型の二項分布と連続型のベータ分布の関係として次式が知られている.

$$\sum_{x=k}^n {}_n C_x p^x (1-p)^{n-x} = \frac{1}{B(k, n-k+1)} \int_0^p z^{k-1} (1-z)^{n-k} dz \quad (4.1.10)$$

ここで,  $B(\ )$ : ベータ関数 ( $B(n,m) = \Gamma(n)\Gamma(m) / \Gamma(n+m) = (n-1)!(m-1)! / (n+m-1)!$ ),  $\Gamma(\ )$ : ガンマ関数 (自然数  $n$  のとき  $\Gamma(n) = (n-1)!$ ). なお, 二項分布とベータ分布の関係の証明を付録-3として添付している. 式(4.1.8)と(4.1.9)を

$$\frac{1}{B(k, n-k+1)} \int_0^p z^{k-1} (1-z)^{n-k} dz = \alpha/2 \quad (4.1.11)$$

$$\frac{1}{B(k+1, n-k)} \int_p^1 z^k (1-z)^{n-k-1} dz = \alpha/2 \quad (4.1.12)$$

と書き換えることができる。米国の空軍開発試験センター(Air Force Development Test Center)は小数第3位までの統計数値表を公開している。CL および n と k をそれぞれ表の上と左の見出しから拾い、対応する信頼区間の下限と上限を読み取る(Faust, 1990)。

### (3) PD による推定

属性法による場合の評価単位区間データは基準内・不良の別であり点検手法を問わないが、変量法による場合の評価単位区間データは点検手法により異なる。目視による診断と延長測定の場合はPD, 機器を用いた手法の場合は複数の測定データである。全数調査の場合、複数の測定データから評価単位区間のPDを求め、その算術平均により管理区間PDを得る。標本調査の場合、複数の測定データからは規格値を用いた品質指数 Q が得られるが、PDからは得られない。評価単位区間データとして PD が与えられた場合には、管理区間 PD の点推定は算術平均による。区間推定は次式で表される t 統計量が自由度 n-1 の t 分布に従うことに着目する。

$$t = \frac{m - \mu}{u/\sqrt{n}} \quad (4.1.13)$$

ここで、u: 標本の不偏標準偏差 ( $u^2 = ns^2/(n-1)$ )。これを  $\mu$  について解くことで、次式のように信頼区間の下限と上限を得られる。

$$m - t_{\alpha}(n-1) \frac{u}{\sqrt{n}} < \mu < m + t_{\alpha}(n-1) \frac{u}{\sqrt{n}} \quad (4.1.14)$$

ここで、 $t_{\alpha}(n-1)$ : 自由度 n-1 の t 分布の信頼水準 CL に対応した臨界値 (CL=95%ならば t 分布表の  $t_{0.05}$ )。

### (4) 管理区間 PD の算出

上限規格値による場合の評価単位区間データと調査の方法に応じた管理区間 PD の算出方法を表 4.1.1 に示す。

表 4.1.1 上限規格値による場合の管理区間 PD の算出方法

評点化の方法		変量法		属性法	
点検手法		機器を用いた手法		目視による診断と延長測定	
				目視による診断のみ	
評価単位区間データ		複数の測定データ	PD	基準内・不良の別	
調査の方法	全数調査	PD に変換し算術平均	算術平均	不良区間数/全区間数	
	標本調査	点推定	式(4.1.4)	算術平均	式(4.1.7)
		区間推定	式(4.1.5), (4.1.6)	式(4.1.14)	式(4.1.11), (4.1.12)

注) 評価単位区間の延長が一様に 100m であることを前提としている。区間推定は両側推定である。



### 4.1.3 課題の検証結果

#### (1) 検証の方法

本テーマで提案する方法は、管理区間の全施設数量に管理区間 PD を乗じた施設数量を修繕ニーズとし、各管理区間の修繕ニーズにより按分することで修繕予算の配分比を決定するものである。ここでは簡単のために、管理区間の施設数量が延長で表され、かつ比較対象である全管理区間の延長が等しいものとして、施設数量ベースの修繕ニーズを管理区間 PD で代替する。これは評価単位区間データに応じた管理区間 PD の算出方法が予算配分比に及ぼす影響を確認するためであり、全管理区間の延長が等しくない場合には各管理区間の全施設数量に管理区間 PD を乗じた施設数量を修繕ニーズとする必要がある。

本テーマで提案する方法は、わだち掘れ量、ひび割れ率、IRI 等の指標および MCI 等の複合指標にも適用できるものであるが、ここでは既存データとして平均値と最大値を得やすいわだち掘れ量を用いて論を進める。道路維持修繕要綱 5)によれば交通量の多い一般道におけるわだち掘れ量に係る補修要否判断の目標値は 30mm～40mm であることから、上限規格値として 30mm あるいは 40mm を用いる。

評価単位区間の既存データとして平均値と最大値を与えられた場合、属性法による場合の評価単位区間データである基準内・不良の別は最大値により決定できるが、変量法による場合の評価単位区間データである複数の測定データと PD は決定できない。ここでは与えられた平均値と最大値から 10 個の測定データを生成し、変量法による場合の評価単位区間データを決定する。

#### (2) 解析データ

##### a) 実測データと評価単位区間データ

国内の主要幹線道路におけるアスファルト舗装に係る既存の実測データに基づき、100 個の評価単位区間(各 100m)よりなる延長 10km の管理区間を 6 区間設定した。それぞれの評価単位区間から、平均わだち掘れ量  $D_{mean}$  と最大わだち掘れ量  $D_{max}$  を抽出(合計で 600 組)した。

600 組の  $D_{max}$  と  $D_{mean}$  を表 4.1.2 に示す。各管理区間の  $D_{max}$  と  $D_{mean}$  の最大値等を表 4.1.3 に示す。

属性法による場合の評価単位区間データである基準内・不良の別は  $D_{max}$  により決定した。変量法による場合の評価単位区間データである複数の測定データを得るために、次に示すように  $D_{mean}$  と  $D_{max}$  から 10 個の測定データを生成した。

表 4.1.2 600 組の  $D_{max}$  と  $D_{mean}$

i	A		B		C		D		E		F	
	$D_{max}$ (mm)	$D_{mean}$ (mm)	$D_{max}$ (mm)	$D_{mean}$ (mm)	$D_{max}$ (mm)	$D_{mean}$ (mm)	$D_{max}$ (mm)	$D_{mean}$ (mm)	$D_{max}$ (mm)	$D_{mean}$ (mm)	$D_{max}$ (mm)	$D_{mean}$ (mm)
1	9	6	28	16	22	12	15	9	9	5	40	22
2	15	11	16	10	6	25	17	12	8	19	14	14
3	16	11	38	25	12	6	17	11	10	9	22	11
4	25	14	40	28	10	5	15	10	20	16	12	9
5	10	8	34	26	12	10	21	12	29	21	30	22
6	23	13	36	27	8	6	16	12	7	12	7	7
7	18	13	25	19	7	5	22	14	26	22	12	9
8	39	27	8	7	33	23	24	19	15	8	24	13
9	35	21	7	6	13	11	12	7	11	6	12	9
10	29	23	8	6	17	12	17	11	6	5	12	10
11	42	33	11	8	15	10	11	7	4	3	15	10
12	16	9	10	8	17	14	18	10	4	4	21	13
13	10	7	25	16	14	10	18	11	12	7	10	7
14	12	10	25	16	22	15	13	6	4	12	6	4
15	7	4	23	19	12	9	16	14	3	5	4	4
16	24	19	28	24	15	9	19	12	18	12	6	4
17	15	9	34	23	10	6	20	17	20	10	22	17
18	8	6	19	14	7	4	13	10	20	11	20	14
19	8	6	32	25	23	13	28	17	25	14	17	13
20	4	3	32	25	7	4	7	5	6	4	22	14
21	8	5	43	32	7	4	7	5	6	4	11	9
22	27	19	24	16	5	4	15	10	5	4	19	10
23	26	22	14	11	6	4	12	10	5	4	19	10
24	17	13	11	8	4	3	9	7	7	5	12	10
25	21	16	19	11	4	3	12	8	7	4	17	13
26	14	7	28	17	5	4	10	8	10	6	15	9
27	39	24	29	21	7	4	20	11	4	4	11	7
28	3	3	19	14	7	4	8	6	3	3	18	14
29	23	14	20	15	14	11	9	8	4	3	18	9
30	37	28	22	12	28	17	13	9	5	4	24	13
31	18	13	35	26	18	12	8	5	4	3	10	8
32	15	9	15	12	13	11	10	7	20	18	17	11
33	18	11	16	12	18	10	14	9	19	10	15	12
34	16	12	23	13	20	13	12	7	13	8	24	18
35	10	6	24	15	31	21	11	6	20	10	15	12
36	17	12	25	17	23	20	10	8	8	5	22	12
37	17	10	12	8	22	16	11	7	7	5	18	15
38	30	22	33	28	34	20	9	7	5	4	24	15
39	25	16	42	24	14	10	3	3	6	5	30	21
40	29	22	13	12	23	13	12	9	16	11	24	20
41	29	23	21	12	15	9	9	8	11	8	24	16
42	20	13	19	12	12	10	12	9	8	7	30	17
43	10	7	7	5	45	27	17	11	8	6	20	16
44	8	6	11	8	21	15	9	7	6	5	35	24
45	7	4	16	9	27	22	22	14	7	5	19	17
46	38	25	21	13	34	24	8	5	5	4	20	16
47	5	3	33	24	35	23	6	6	5	5	14	14
48	6	5	34	26	19	16	5	4	10	7	14	12
49	8	6	38	30	22	14	7	5	12	9	20	16
50	15	9	35	28	5	3	14	9	11	8	13	10

表 4.1.3 管理区間の  $D_{\max}$  と  $D_{\text{mean}}$  の傾向

管理区間		A	B	C	D	E	F
$D_{\max}$ (mm)	最大値	42	44	45	41	39	40
	最小値	3	7	4	3	3	5
$D_{\text{mean}}$ (mm)	最大値	33	32	32	25	35	24
	平均値	14	14	14	10	9	11
	最小値	3	5	3	3	3	4

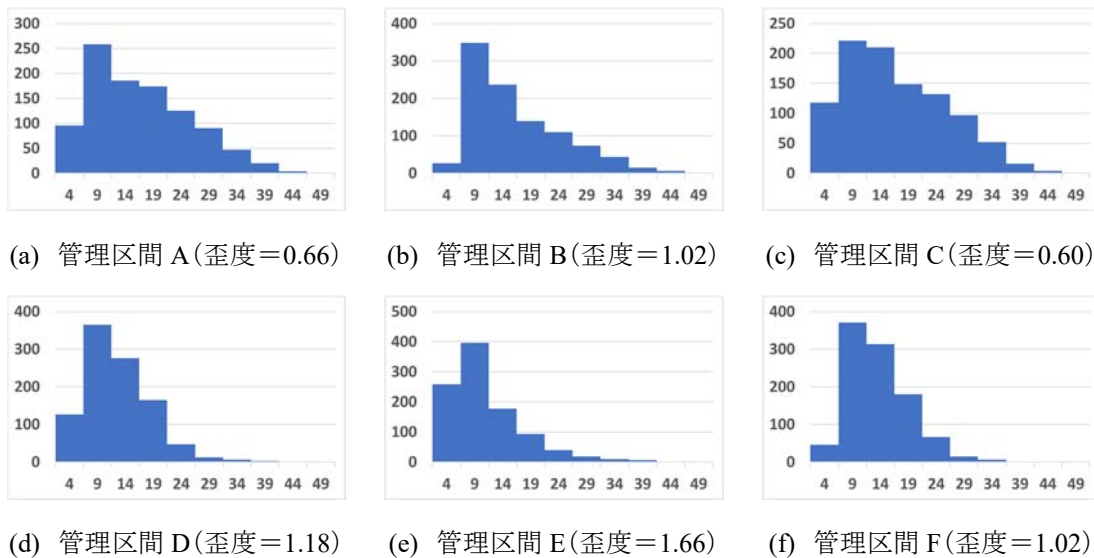
b) 測定データの生成

延長 10m の測定単位区間を代表する測定データ  $D_i$  は  $D_{\text{mean}}$  周りに対称かつ等間隔に分布していると仮定して次式に拠った.

$$D_i = D_{\text{mean}} + (11 - 2i)D_{\text{diff}} / 9 \quad (4.1.15)$$

(i=1, ..., 10)

ここで,  $D_{\text{diff}}$ :  $D_{\max}$  と  $D_{\text{mean}}$  の差 ( $D_{\text{diff}} = D_{\max} - D_{\text{mean}}$ ).  $D_{\text{diff}}$  が  $D_{\text{mean}}$  よりも大きい場合は  $D_i$  が負となり実際の道路ではあり得ないので, 全ての評価単位区間で  $D_i$  の最小値である  $D_{10} = 2D_{\text{mean}} - D_{\max}$  が負とならないことを確認した. 各管理区間における 1,000 個の  $D_i$  の分布形状をヒストグラムにより視覚的に確認した. 図 4.1.4 に示すようにいずれも正の歪みを持つ単峰型であり, 歪度の最小値は管理区間 C の 0.60, 最大値は管理区間 E の 1.66 であった.



注) 縦軸は度数を表す. 横軸の数字は階級の最大値を表す. 例えば, 4 と示された階級には 0 から 4mm の測定データが含まれる.

図 4.1.4 測定データの分布形状

全数調査に用いる PD は USL により決まるため次式に拠った.

$$PD = \begin{cases} 100 & USL < 2D_{mean} - D_{max} \\ 10(D_{max} - USL)/(D_{diff}/4.5) & 2D_{mean} - D_{max} \leq USL < D_{max} \\ 0 & USL \geq D_{max} \end{cases} \quad (4.1.16)$$

ただし, PD は切り上げにより十の位までの概数にした.

標本調査の場合, 管理区間から  $n$  個の評価単位区間を抽出することで標本サイズ  $10n$  の測定データ  $X$  が得られる. 推定において必要となる標本の平均  $m$  は  $n$  個の  $D_{mean}$  の算術平均である. 標本の標準偏差  $s$  については

$$s^2 = \frac{1}{10n} \sum X^2 - m^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} D_i^2 - \left( \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n D_{mean} \right)^2 \quad (4.1.17)$$

であるが, 式(4.1.15)から

$$\frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} D_i^2 = \left( D_{mean} + \frac{11D_{diff}}{9} \right)^2 - \frac{4D_{diff}}{9} \left( D_{mean} + \frac{11D_{diff}}{9} \right) \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} i + 4 \left( \frac{D_{diff}}{9} \right)^2 \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} i^2 \quad (4.1.18)$$

であるから, 式(4.1.17)を

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left\{ \left( D_{mean} + \frac{11D_{diff}}{9} \right)^2 - \frac{22D_{diff}}{9} \left( D_{mean} + \frac{11D_{diff}}{9} \right) + 154 \left( \frac{D_{diff}}{9} \right)^2 \right\} - \left( \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n D_{mean} \right)^2 \quad (4.1.19)$$

と,  $D_{diff}$  と  $D_{mean}$  すなわち  $D_{max}$  と  $D_{mean}$  の関数の形に書き換えることができる. 標本抽出は無作為抽出が原則であるが, 100 個から  $n$  個を抽出する組み合わせは膨大な数に上るため, ここでは等間隔で分布する評価単位区間を管理区間の中央から抽出した. 例えば,  $n=30$  の場合, 7, 10,  $\dots$ , 94 番目の評価単位区間である.

### (3) 評点化の方法の影響

評点化の方法には変量法と属性法がある. はじめに, 変量法と属性法による管理区間 PD および当該管理区間 PD に基づく予算配分比を管理区間で比較した. 次に, 管理区間平均値による近似について検証した. 既存データに係る制限等により評価単位区間データとして複数の測定データ, PD, 基準内・不良の別を用いることができない場合を見通せば, 従前から一般的に用いられている管理区間平均値に基づく予算配分比について, 管理区間 PD に基づく予算配分比に対する近似性の確認も必要である.

#### a) 変量法と属性法

表 4.1.4 は,  $USL=30\text{mm}$  とした全数調査 ( $n=100$ ) における変量法と属性法による管理区間 PD である. 機器を用いた手法で得られる複数の測定データを用いた変量法による管理区間

PDの方が真の値に近いと考えられるが、不良区間数を用いた属性法による管理区間 PD は大きく異なる値となった。両 PD の比は管理区間 C で最大の 3.4、管理区間 E で最小の 2.1 であった。管理区間 PD については属性法が変量法よりも高い値となる。これは、属性法では不良とされた評価単位区間に存する基準内部分が管理区間 PD に反映されないためである。

表 4.1.4 変量法と属性法による管理区間 PD

管理区間		A	B	C	D	E	F
変量法	PD(%)	5.9	5.5	5.9	0.9	1.4	0.6
属性法	PD(%)	18.0	17.0	20.0	3.0	3.0	2.0
	両 PD の比	3.1	3.1	3.4	3.3	2.1	3.3

図 4.1.5 は、表 4.1.4 の変量法と属性法による管理区間 PD に基づく予算配分比である。評点化の方法による差は管理区間 C で最大の 0.03 ポイントであった。管理区間 PD に基づく予算配分比については評点化の方法による差は小さい。

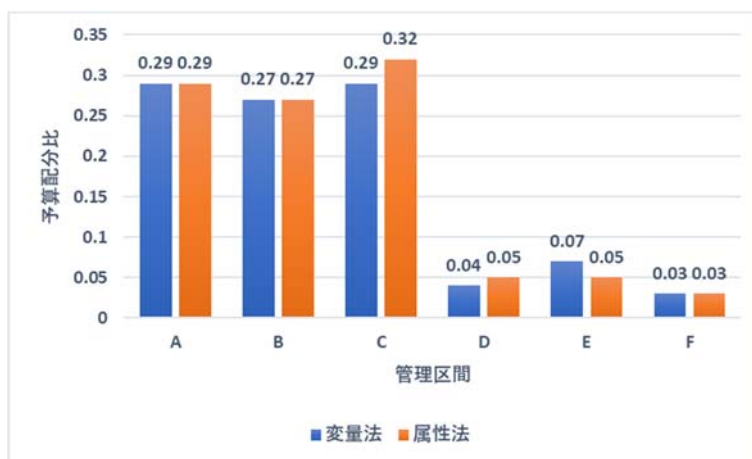


図 4.1.5 変量法と属性法による管理区間 PD に基づく予算配分比

#### b) 管理区間平均値による近似

複数の管理区間における度数分布が単峰型で形状が似通っている場合、管理区間平均値が大きい程すなわち管理基準との差が小さいほど管理区間 PD が大きくなるため、管理区間平均値に基づく予算配分比で管理区間 PD に基づく予算配分比を近似できると考えられる。平均わだち掘れ量  $D_{mean}$  の管理区間平均値である平均  $D_{mean}$  に基づき配分比を決定するケース 1 とした。ここで、実際の道路において管理区間 PD が 0 である場合、管理区間 PD に基づく配分比は 0 となるが、管理区間平均値が 0 となることは考えにくく管理区間平均値に基づく配分比は 0 とならない。当該影響を減じるために、管理区間 PD が大きいと考えられる管理区間すなわち管理区間平均値が大きい管理区間の配分比を増大させる操作が必要となる。これを踏まえて、平均  $D_{mean}$  と管理基準 (USL=30mm) の差の逆数に基づき配分比を決定する

ケース 2 を検討した. ケース 2 では, 平均  $D_{\text{mean}}$  が大きい管理区間における平均  $D_{\text{mean}}$  と管理基準の差の値を最小化することとし, 平均  $D_{\text{mean}}$  と管理基準の差の値を最小値が 1 となるように変換した. 表 4.1.5 に  $USL=30\text{mm}$  とした全数調査 ( $n=100$ ) における変量法による管理区間 PD, ケース 1 における平均  $D_{\text{mean}}$ , ケース 2 における平均  $D_{\text{mean}}$  と管理基準の差, 平均  $D_{\text{mean}}$  と管理基準の差の値を最小値が 1 となるように変換した変換値, 変換値の逆数を示す.

表 4.1.5 管理区間 PD と平均わだち掘れ量の管理区間平均値

		管理区間	A	B	C	D	E	F
変量法	PD(%)		5.9	5.5	5.9	0.9	1.4	0.6
ケース 1	平均 $D_{\text{mean}}$ (mm)		14	14	14	10	9	11
ケース 2	平均 $D_{\text{mean}}$ と管理基準の差 (mm)		16	16	16	20	21	19
	変換値 (mm)		1	1	1	5	6	4
	変換値の逆数		1.00	1.00	1.00	0.20	0.17	0.25

注) 変換値とは, 平均  $D_{\text{mean}}$  と管理基準の差の値を最小値が 1 となるように変換したものである.

図 4.1.6 は, 表 4.1.5 の変量法による管理区間 PD, ケース 1 の平均  $D_{\text{mean}}$ , ケース 2 の変換値の逆数に基づく予算配分比である. ケース 1 を変量法と比較すると, 管理区間 PD が小さい管理区間 D~F の予算配分比が過大評価されていた. その差は管理区間 F で最大の 0.12 ポイントであった. 一方, ケース 2 には変量法に対する高い近似性が認められた. その差は管理区間 F で最大の 0.04 ポイントであった. なお, 途中経過として, ケース 2 において平均  $D_{\text{mean}}$  と管理基準の差の値を最小値が 1 となるように変換しない場合, ケース 1 と同様に, 管理区間 PD が小さい区間の予算配分比が過大評価されることを確認した.

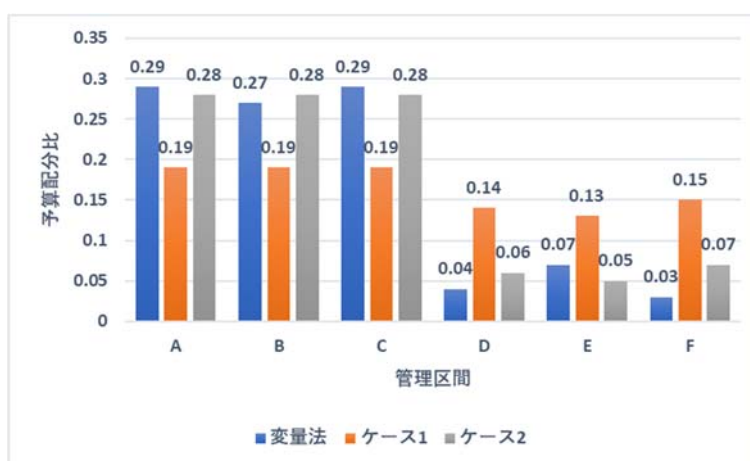


図 4.1.6 管理区間 PD と管理区間平均値に基づく予算配分比

#### (4) 調査の方法の影響

調査の方法には全数調査と標本調査があり、標本調査には点推定と区間推定がある。はじめに、全数調査と点推定による管理区間 PD および当該管理区間 PD に基づく予算配分比を管理区間で比較した。次に、全数調査と区間推定について同様の比較を行った。標本調査による推定で得られる母数は、多数の抽出されなかった標本による誤差を排除できない。全数調査の結果と点推定の結果および区間推定の上限・下限を比較し、その相違を認識しておく必要がある。区間推定においては信頼水準と信頼区間の設定方針が推定結果に及ぼす影響を確認しておく必要がある。

##### a) 全数調査と点推定

表 4.1.6 は、USL=30mm とした全数調査 (n=100) と標本調査 (n=30) の点推定による管理区間 PD である。

属性法による管理区間 PD を全数調査と点推定で比較すると、管理区間 A は 0.93 倍と大差ないものの、B は 0.4 倍、C は 1.3 倍程度の差があった。また、全数調査における不良区間数が少ない管理区間 D と F は標本に不良区間が含まれず、点推定による管理区間 PD は 0 であった。前者は標本調査のための抽出の一般的な課題であり、その対策として無作為抽出であるという公平性と透明性の確保が必要となる。後者は、本テーマが維持管理水準の高い道路の実測データを用いたためであるが、本テーマで提案する方法の根幹に関わるものである。すなわち、本テーマで提案する方法は不良区間が多い道路への適用が有効である。不良区間が多いとは、必ずしも維持管理水準が低いことを意味しておらず、管理基準を厳しく設定する場合も該当する。

変量法については、複数の測定データを用いる点推定で式(4.1.4)とともに用いる PD 表 (Weed, 1996) において  $Q \geq 3.45$  ならば PD=0.00 であり、管理区間 D~F における管理区間 PD が 0 となった。式(4.1.4)から、Q が大きくなるのは標本の平均が小さい場合あるいは標本の標準偏差が小さい場合である。このような場合には、管理区間 E のように標本に不良区間が含まれていても複数の測定データを用いる点推定による管理区間 PD が 0 となり得る。

表 4.1.6 全数調査と点推定による管理区間 PD

		管理区間	A	B	C	D	E	F
属性法	全数調査	不良区間数	18	17	20	3	3	2
		PD(%)	18.0	17.0	20.0	3.0	3.0	2.0
	点推定	不良区間数	5	2	8	0	1	0
		PD(%)	16.7	6.7	26.7	0.0	3.3	0.0
変量法	全数調査	PD(%)	5.9	5.5	5.9	0.9	1.4	0.6
	点推定(複数の測定データ)	PD(%)	3.2	1.0	6.0	0.0	0.0	0.0
	点推定(PD)	PD(%)	6.3	2.7	9.0	0.0	0.7	0.0

図 4.1.7 は、表 4.1.6 の全数調査と点推定による管理区間 PD に基づく予算配分比である。前項で述べたように、全数調査(n=100)における変量法による管理区間 PD が真の値に近いと考えられる。いずれの管理区間においても、3 通りの点推定の結果に大差はない。管理区間 B と C において、全数調査と点推定の結果が乖離しているのは、既に述べた抽出の一般的な課題によるものと考えられる。

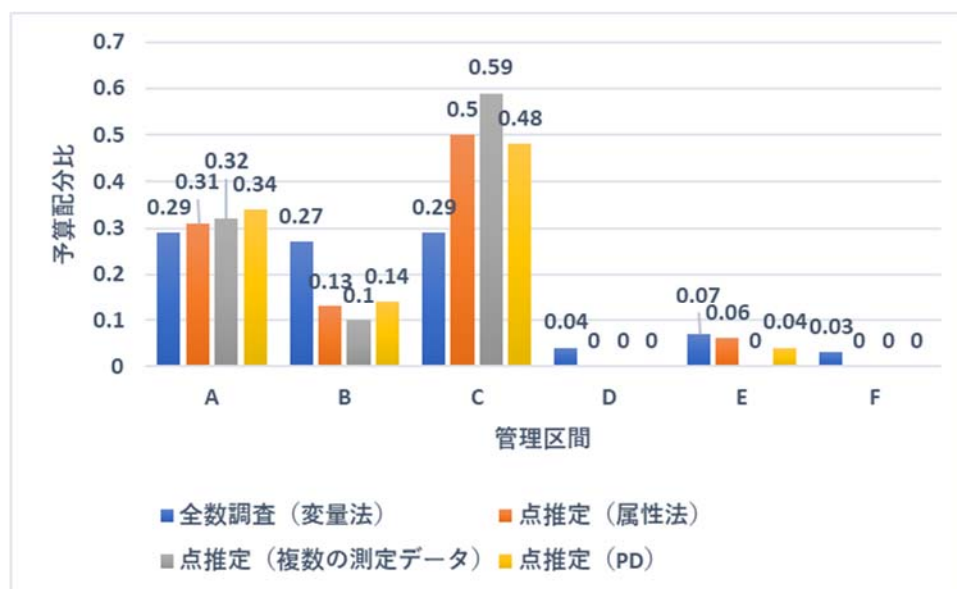


図 4.1.7 全数調査と点推定による管理区間 PD に基づく予算配分比

#### b) 全数調査と区間推定

表 4.1.7 は、USL=30mm とした標本調査(n=30)における信頼水準 95%での区間推定による管理区間 PD である。

属性法については、標本に不良区間が含まれない管理区間 D と F における管理区間 PD の信頼区間下限値が 0 となった。

変量法については、複数の測定データを用いる区間推定で式(5), (6)とともに用いる標準正規分布表において Z の絶対値 $\geq 3.9$ ならば  $p=0.0$  であり、管理区間 D~F における管理区間 PD の信頼区間下限値が 0 となった。一方、PD を用いる区間推定で、管理区間 B と E における管理区間 PD の信頼区間下限値が負の値となった。これは信頼区間の幅が広すぎることに由来するものであるが、途中経過として、信頼区間の幅を狭めた信頼水準 90%での両側推定でも両者は負の値のままであることを確認した。両管理区間において抽出された不良区間数が少ないことが、管理区間 PD の信頼区間下限値が負の値となった理由と考えられる。

信頼区間下限値が 0 あるいは負の値をとり得るという事実は信頼区間の設定に関し重要な示唆を与えている。予算配分のために施設数量ベースの修繕ニーズを推定する場合の関心事は管理区間 PD の最大値であり、区間推定では信頼区間上限値に着目するというものであ



る。標本に不良区間が含まれていても複数の測定データを用いる点推定による管理区間 PD が 0 となることが前項で確認された管理区間 E だけでなく、標本に不良区間が含まれない管理区間 D と F についても、属性法と複数の測定データを用いた変量法による信頼区間上限値は 0 とならない。信頼区間上限値に着目する方法は管理区間 PD が 0 の管理区間に係る推定で管理区間 PD が 0 とならない可能性を有するが、管理区間 PD が 0 でない管理区間に係る推定で管理区間 PD を 0 とするものよりも、道路管理の観点からは安全側の推定と言えるであろう。さらに、重要な示唆の 2 つめは、推定の精度を高めるために上限のみの片側信頼区間を用いるというものである。

表 4.1.7 区間推定による管理区間 PD

		管理区間	A	B	C	D	E	F
属性法		PDlower (%)	5.6	0.8	12.3	0.0	0.1	0.0
		PDupper (%)	34.7	22.1	45.9	11.6	17.2	11.6
変量法	複数の測定データ	PDlower (%)	0.8	0.2	2.0	0.0	0.0	0.0
		PDupper (%)	10.9	5.8	15.6	0.2	0.5	0.3
	PD	PDlower (%)	0.5	-1.2	2.8	0.0	-0.7	0.0
		PDupper (%)	12.1	6.6	15.2	0.0	2.1	0.0

表 4.1.8 は、USL=30mm とした PD を用いた変量法による管理区間 PD である。区間推定については信頼区間上限値である。標本調査 (n=30) の区間推定には信頼水準 95% を用いた。信頼水準 95% の片側推定の上限値は、信頼水準 90% の両側推定の上限値として表 4.1.1 により求めた。両側推定に代えて上限のみの片側推定によることで管理区間 PD の推定精度を高めることができるが、標本に不良区間が含まれない管理区間 D と F については管理区間 PD が 0 のままである。点推定との優劣については判断できない。

表 4.1.8 PD を用いた変量法による管理区間 PD

		管理区間	A	B	C	D	E	F
全数調査	PD (%)	5.9	5.5	5.9	0.9	1.4	0.6	
点推定	PD (%)	6.3	2.7	9.0	0.0	0.7	0.0	
両側推定 (上限)	PDupper (%)	12.1	6.6	15.2	0.0	2.1	0.0	
片側推定 (上限)	PDupper (%)	11.1	6.0	14.1	0.0	1.8	0.0	

図 4.1.8 は、表 4.1.8 の PD を用いた変量法による管理区間 PD に基づく予算配分比である。両側推定と上限のみの片側推定の予算配分比に係る推定精度は大差ないが、点推定よりも若干ではあるが高い。

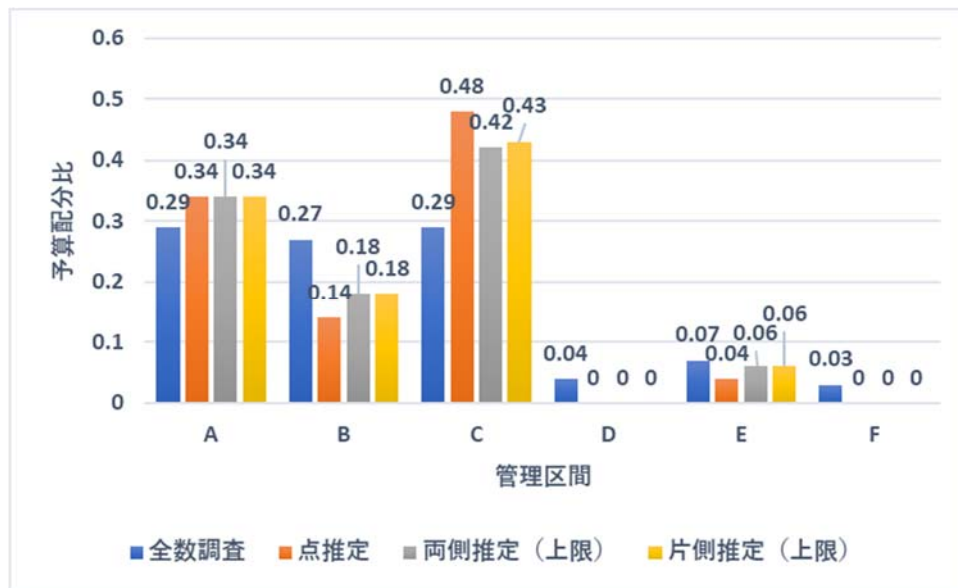


図 4.1.8 PD を用いた変量法による管理区間 PD に基づく予算配分比

#### (5) 修繕ニーズと補修ニーズの分離

舗装点検要領は、管理基準を超過した段階、若しくは早期に超過する見込みとなった段階で実施する舗装を当初の機能まで回復させる措置を修繕、管理基準未満で実施される現状の舗装の機能を維持するための措置を補修と定義している。切削オーバーレイとわだち部の切削のように修繕と補修は単価に大きな差があり、予算費目を分けた道路管理者が存在する。このような予算配分においては両措置に係るニーズを分離する必要がある。ここで2段階の上限規格値を設定し、区分IとIIの境界を補修基準、区分IIとIIIの境界を修繕基準と呼ぶことにすれば、補修基準を上限規格値として両措置に係る PD、修繕基準を上限規格値として修繕に係る PD を得られる。

前項までは上限規格値として USL=30mm を用いたが、本節では2段階の上限規格値を設定し補修基準を USL=30mm、修繕基準を USL=40mm とした。前者に対する PD を PD(30)とし、後者に対する PD を PD(40)とした。

表 4.1.9 は、2段階の上限規格値の下での全数調査 (n=100) における管理区間 PD である。ここで留意すべきは、変量法では PD(30)-PD(40)が区分IIと診断された部分の割合を表すのに対し、属性法の PD(30)-PD(40)には区分IIIと診断された評価単位区間に存在する区分II相当部分が反映されないことである。このように属性法で区分IIIと診断された評価単位区間については補修ニーズが存在しないことになるが、実際の道路で修繕ニーズと補修ニーズが共存する評価単位区間は少なくないと考えられる。

図 4.1.9 は、表 4.1.9 の2段階の上限規格値の下での管理区間 PD のうち変量法による PD に基づく予算配分比である。PD(30)から区分II+III、PD(40)から区分III、PD(30)-PD(40)から区分IIを求めた。区分IIIは修繕ニーズを表し、区分IIは補修ニーズを表している。区分II+IIIの予

算配分比と区分Ⅱの予算配分比は近い値となった。これは、両措置のニーズが多い管理区間においては補修ニーズも同様に多いことを表している。属性法では、両措置に係る予算配分比をもって補修に係る予算配分比とすることも一法であると考えられる。

管理区間における修繕ニーズと補修ニーズを分離する際に必要のように、2段階の上限規格値の下で、各評価単位区間における区分Ⅰ、Ⅱ、Ⅲという三分法的な診断区分比率を求める場合の点検方法について述べる。点検手法が機器を用いた手法の場合、評価単位区間データとして複数の測定データを得られるため、1回の点検により各評価単位区間における区分Ⅰ、Ⅱ、Ⅲという三分法的な診断と延長測定が可能である。目視点検により評価単位区間内の不良部分の識別とその大まかな延長割合の把握が可能である、との本テーマの立場については第2章で述べた。ここでいう識別とは、一定の上限規格値に対する基準内・不良の別という二分法的な識別である。2段階の上限規格値の下では、両上限規格値に対する点検が必要であり点検回数は2回となる。目視点検は、目視による診断と延長測定および目視による診断のみの2通りとした。目視による診断のみの場合は、属性法により評価単位区間としての識別のみが行われ、評価に反映されない部分が存在する。一方、目視による診断と延長測定の場合は、評価に反映されない部分は存在しない。1回の目視点検による評価単位区間内の三分法的な識別とその大まかな延長割合の把握の可能性については、今後の課題である。

表 4.1.9 2段階の上限規格値の下での管理区間 PD

管理区間		A	B	C	D	E	F
変量法	PD(30) (%)	5.9	5.5	5.9	0.9	1.4	0.6
	PD(40) (%)	0.3	0.5	0.4	0.1	0.0	0.0
	PD(30)-PD(40)	5.6	5.0	5.5	0.8	1.4	0.6
属性法	PD(30) (%)	18.0	17.0	20.0	3.0	3.0	2.0
	PD(40) (%)	3.0	3.0	2.0	1.0	0.0	0.0
	PD(30)-PD(40)	15.0	14.0	18.0	2.0	3.0	2.0

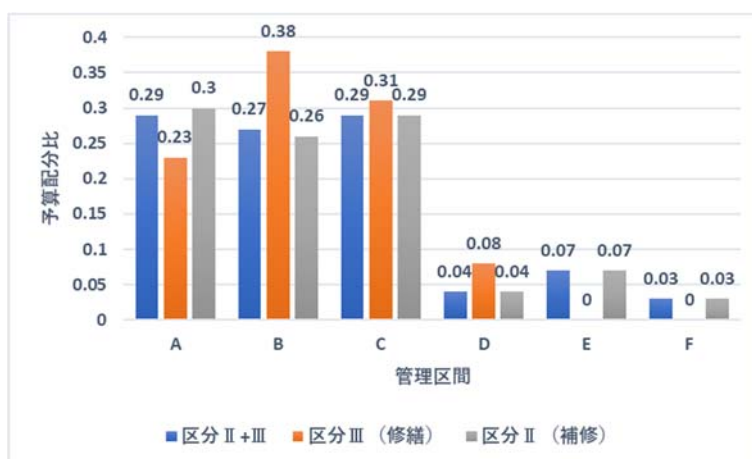


図 4.1.9 変量法による管理区間 PD に基づく予算配分比

## 4.2 効率化の目的に応じた業務手順見直しの観点

### 4.2.1 性能規定型維持管理契約等を構成する概念と効果

#### (1) 事後評価の概要

##### a) 目的

3.3.4項で整理したように、海外における性能規定型維持管理契約 (Performance-Based Maintenance Contract: PBMC) の場合、はじめに、道路管理者が維持管理の改善目的を例えばコスト縮減やサービス向上のように設定し、併せて目的達成のための観点を例えば性能規定や長期化のように設定する。次に、道路管理者は発注者として契約条項により、受注者の裁量拡大の方向性に当該観点を反映させる。この道路管理者による目的達成のための観点を反映させた受注者の裁量拡大の方向性を、本研究では、契約を構成する概念と呼ぶ。受注者には区間レベルの管理が委託され、中期道路網管理計画、今期事業実施予定および巡回、点検、利用者対応が受注者の裁量に委ねられる。PBMCの実施効果については多数の評価事例が存在するため、外部委託における実施効果と契約を構成する概念との関係を分析することが可能である。当該関係は、維持管理の改善目的と目的達成のための観点との関係として道路管理者への内部化が可能であり、業務の進め方の見直しに有用なものとなる。事後評価の目的は、維持管理の改善目的と目的達成のための観点との関係を明らかにすることである。そのために、導入事例における契約を構成する概念と実施効果との関係を分析する。

##### b) 導入事例

PBMC等の導入事例の概要を表4.2.1に示す。導入事例の分類にあたり、PBMC等における主要な施設は舗装であることと、国内の試行事例において複数年契約に伴う性能保証のあり方が議論されたことに着目した。前者から舗装の修繕工事の有無を区分に用いることとし、後者から性能ワランティの有無を区分に用いることとした。以下、英語表記された地名は表中の導入事例を指す。なお、事例の多くは時間が経過し経験が蓄積されるとともに契約条項が見直されており、契約期間は長くなり、対象とする維持活動は増えるのが一般的である。同表は可能な限り最新情報に拠っている。したがって、パイロット事業のような過去の契約に関する本文中の記述が表中の記述と異なる場合があることに留意されたい。

単年度契約を基本とする日本において、10年を超える長期契約が近い将来に実現する可能性は小さい。このため、本テーマでは性能規定等の概念を含んでいても契約期間が10年を大きく超える事例は対象外とした。例えば、マレーシアにおける連邦道路を対象とした15年のコンセッション契約 (Ahmad et al., 2007)、英国ポーツマス市における大規模な施設更新を中心とした25年のPFI (Private Finance Initiative) 契約 (Stunell, 2009)、米国ニューメキシコ州における2車線高速道路の4車線化事業に伴う20年ワランティ契約 (Segal et al., 2003) である。

表 4.2.1 PBMC 等の導入事例の概要

区分	導入事例	開始時期 *1	契約期間 *2 (年)	対象とする維持活動													舗装以外の修繕工事	評価		業績対応		参考文献																	
				舗装	排水施設	景観、清掃	植生	道路標識	路面標示	防護柵	道路照明	構造物	緊急対応	冬季維持	夏季維持	レスポンスタイム		総合評価	業績対応の減額	業績対応の増額	延長期間 (年)																		
舗装の修繕工事を含まない	British Columbia (Canada)	1988	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 1		
	New South Wales (Australia)	1990	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 2		
	Florida (USA)	1994	7-12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	12	# 3	
	Argentina-Kilometer/Month*3	1995	2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4	# 4	
	Alberta (Canada)	1995	5-7	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1-3	# 5	
	Ontario (Canada)	1996	9-13	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 6		
	Texas-TMC*4 (USA)	1999	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	3	# 7		
	Washington, D.C. (USA)	2000	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	# 8	
	Finland	2001	3or7	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 9	
	Virginia-TAMS*5 (USA)	2005	5or3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2or3	# 10	
	North Carolina (USA)	2007	5(-2009)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 11	
舗装の修繕工事を含む	性能ワランティなし	Argentina-CREMA*6	1996	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 12	
		UK-MA/TMC*7	1996	4or5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2	# 13
		Montevideo (Uruguay)	1996	3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	3	# 14
		Virginia (USA)	1996	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	# 15
		N.Z.-PSMC*8	1998	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 16
	性能ワランティあり	Western Australia (Australia)	1999	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 17
		N.Z.-Hybrid	1999	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 18
		UK-MAC*9	2001	4or5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	3or2	# 19
		Texas-Rest Area (USA)	2003	2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 20
		UK-EMAC*10	2005	4or5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	3or2	# 21
		UK-ASC*11	2012	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 22	
Sweden-PPC*12	1980s	5-12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 23			
UK-Warranty	late1980s	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 24			
Wisconsin-Warranty (USA)	1995	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 25			
Indiana-Warranty (USA)	1996	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 26			
Minnesota-D/B*13 (USA)	mid1990s	2or5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 27			
Michigan-Warranty (USA)	1997	3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 28			
Aspen-Warranty (Colorado, USA)	1999	15	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 29		
Denmark-PPC	late1990s	11-16	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 30		
Mississippi-Warranty (USA)	2000	5or10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 31		
Ohio-Warranty (USA)	2000	7	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	# 32			

注) \*1 開始時期はパイロット事業を含む最初の契約の開始時期である。\*2 性能ワランティありの場合の契約期間は保証期間を指す。\*3 Kilometer/Month: 距離制月極。\*4 TMC: Total Maintenance Contract。\*5 TAMS: Turnkey Asset Maintenance Services。\*6 CREMA: Contrato de Recuperación y Mantenimiento。\*7 MA/TMC: Managing Agent/Term Maintenance Contractor。\*8 PSMC: Performance-Specified Maintenance Contract。\*9 MAC: Managing Agent Contractor。\*10 EMAC: Enhanced Managing Agent Contractor。\*11 ASC: Asset Support Contract。\*12 PPC: Pavement Performance Contract。\*13 D/B: Design/Build

参考文献) #1 Lund, 1996; BTCE, 1997; Pakkala, 2002。#2 Frost and Lithgow, 1996; BTCE, 1997; Frost, 2001。#3 Segal et al., 2003; Stankevich et al., 2005; FDOT, 2011; Lattner, 2011。#4 Cabana et al., 1999; Liautaud, 2004。#5 Bucyk and Lali, 2006。#6 Wipperman, 2011。#7 Saenz, 2004。#8 FHWA, 2002; FHWA, 2004; Robinson et al., 2006。#9 Pakkala, 2002; Finnra, 2003; Pakkala, 2005。#10 Sorrell, 2007; Hoffman et al., 2010。#11 NCDOT, 2008; Arnold et al., 2009; Hoffman et al., 2010。#12 Cabana et al., 1999; Liautaud, 2004。#13 Verdonschot et al., 2007。#14 Zietlow, 2005。#15 Ybarra, 1998; JLARC, 2001; Segal et al., 2003; Stankevich et al., 2005; Ozbek and de la Garza, 2009; Hoffman et al., 2010。#16 Zietlow, 2005; Gransberg et al., 2010; #17 Frost, 2001; Engelke, 2003。#18 Gilbertson, 2003; Gransberg et al., 2010。#19 Verdonschot et al., 2007; HA, 2009; Ardrey et al., 2009; Roadtraffic, 2012。#20 Saenz, 2004。#21 Verdonschot et al., 2007; Roadtraffic, 2012。#22 Verdonschot et al., 2007; Excellence, 2011; Roadtraffic, 2012。#23 D'Angelo et al., 2003。#24 D'Angelo et al., 2003。#25 Scott III et al., 2011; Krebs et al., 2001。#26 Scott III et al., 2011; Gallivan et al., 2004; Singh et al., 2007。#27 Scott III et al., 2011; MNDOT, 2005。#28 Scott III et al., 2011。#29 Segal et al., 2003; Carpenter et al., 2003。#30 D'Angelo et al., 2003。#31 Scott III et al., 2011。#32 Scott III et al., 2011。

### c) 導入事例を構成する概念

本研究では既に、PBMC 等を構成する概念として、性能規定、性能保証、包括化、連続化、長期化の 5 つを定義した。当該概念は、契約において契約条項により具現され、効果の発現要因となる。本テーマでは、契約条項に規定されている項目が具現する概念を表 4.2.2 のように整理し、導入事例の基礎情報とした。

表 4.2.2 PBMC 等を構成する概念に対応した契約項目

概念	契約条項に規定されている項目
性能規定	レスポンスタイム, 総合評点, 業績対応
性能保証	性能ワランティ
包括化	対象とする維持活動, 総合評点
連続化	舗装の修繕工事, 舗装以外の修繕工事
長期化	契約期間, 性能ワランティ, 延長期間

例えば British Columbia は、業績対応が契約条項に規定されており、対象とする維持活動が複数であり、契約期間が 10 年であることから、性能規定、包括化、長期化の概念を具現化した契約と見ることができる。以下で概念と効果の関係を実証的に述べるにあたり、必要に応じ、British Columbia (性能規定、包括化、長期化) のように表記する。導入事例を構成する概念の一覧を表 4.2.3 に示す。

表 4.2.3 導入事例を構成する概念の一覧

#	導入事例	構成する概念				
		性能規定	性能保証	包括化	連続化	長期化
1	British Columbia (Canada)	*		*		*
2	New South Wales (Australia)	*		*		*
3	Florida (USA)	*		*		*
4	Argentina–Kilometer/Month	*		*	*	*
5	Alberta (Canada)	*		*	*	*
6	Ontario (Canada)	*		*		*
7	Texas–TMC (USA)	*		*		*
8	Washington, D.C. (USA)	*		*		*
9	Finland	*		*	*	*
10	Virginia–TAMS (USA)	*		*		*
11	North Carolina (USA)	*		*		*
12	Argentina–CREMA	*		*	*	*
13	UK–MA/TMC	*		*	*	*
14	Montevideo (Uruguay)	*		*	*	*
15	Virginia (USA)	*		*	*	*
16	N.Z.–PSMC	*		*	*	*
17	Western Australia (Australia)	*		*	*	*
18	N.Z.-Hybrid	*		*	*	*
19	UK–MAC	*		*	*	*
20	Texas–Rest Area (USA)	*		*	*	*
21	UK–EMAC	*		*	*	*
22	UK–ASC	*		*	*	*
23	Sweden–PPC		*		*	*
24	UK–Warranty		*		*	*
25	Wisconsin–Warranty (USA)		*	*	*	*
26	Indiana–Warranty (USA)		*		*	*
27	Minnesota–D/B (USA)		*		*	*
28	Michigan–Warranty (USA)		*		*	*
29	Aspen–Warranty (Colorado, USA)		*	*	*	*
30	Denmark–PPC	*	*		*	*
31	Mississippi–Warranty (USA)		*		*	*
32	Ohio–Warranty (USA)		*		*	*

## (2) PBMC 等の実施効果と具体的事例

導入事例を構成する概念と実施効果との関係の分析に先立ち、PBMC 等の導入目的に着目し実施効果を分類した。Alberta は直営方式と同等以上のサービスレベルのより少ない費用での提供 (Bucyk and Lali, 2006), Washington, D.C.は費用縮減でなく施設状態(性能)の向上と業務の迅速化による利用者対応の向上 (FHWA, 2002), North Carolina は開発中のパフォーマンス基準の妥当性と費用の検証 (NCDOT Division of Highways, 2008), Argentina–Kilometer/Month は仕様規定と単価契約に基づく従来型契約では避けられない契約業務(特

定の行為に対する作業指示書の発行、契約を変更した場合の精算等)の軽減(Liautaud, 2004), 契約の相手を2者から1者に減らしたUK-MACは検査と監督に係る業務の重複の排除(Ardrey and McDermott, 2009)を目的としていた。この結果から、維持費用の縮減、契約業務の軽減、検査業務の軽減、施設状態の向上、利用者対応の向上の5つをPBMC等の実施効果とした。なお、PBMC等について論じる場合、新技術の導入や官民のパートナーシップについて言及されることが多いが、これらは手段であって目的ではないので除外した。

#### a) 維持費用の縮減

PBMC等が維持費用に与える影響を表4.2.4に示す。PBMC等による契約額との比較の対象としてPBMC等の発注者見積(予定価格)、従来型契約による費用、直営方式による費用、前回契約額が用いられている。

表 4.2.4 PBMC 等が維持費用に与える影響

比較の対象	事例
予定価格	Florida(性能規定, 包括化, 長期化): 初年度で 12.2%減少, 7 年目で 22.2%減少 (Segal et al., 2003) Argentina-CREMA(性能規定, 包括化, 連続化, 長期化): Phase I で 24%減少, Phase II で 5%減少 (Liautaud, 2004).
従来型契約 (単価契約, ワランティなし)	オーストラリア(New South Wales, Western Australia 以外も含む)(性能規定, 包括化, 連続化, 長期化): 15%以上減少 (BTCE, 1997). N.Z.-PSMC(性能規定, 包括化, 連続化, 長期化): 第1契約で 15%減少, 第2契約で 20%減少 (Zietlow, 2005). Finland(性能規定, 包括化, 長期化): 30%減少 (Pakkala, 2005). Virginia(性能規定, 包括化, 連続化, 長期化): 年間の距離あたり維持費は 30%減少 (Stankevich et al., 2005). Wisconsin-Warranty(性能保証, 連続化, 長期化): (ワランティなしと比較して)保証期間内の維持管理費用も考慮したトンあたり費用は 4 年目までで 12%減少, 5 年目で 6%減少 (Krebs et al., 2001). Indiana-Warranty(性能保証, 連続化, 長期化): (ワランティなしと比較して)初期費用は 10%増加 (Gallivan et al., 2004). Florida(性能規定, 包括化, 長期化): 136 契約を 1 契約に統合した包括化のパイロット事業(1994 年)では, 3 年間で 10%減少 (Segal et al., 2003).
直営方式	British Columbia(性能規定, 包括化, 長期化): 7%増加 (BTCE, 1997). New South Wales(性能規定, 包括化, 長期化): PBMC と直営方式の比較用パイロット事業(1990 年)の第2期まで 37%減少, 第3期の契約額は事業開始前の 48%のレベル(52%減少) (Frost and Lithgow, 1996). オーストラリア(New South Wales, Western Australia 以外も含む)(性能規定, 包括化, 連続化, 長期化): 従来型契約は直営方式に対し 20%減少, 上記の 15%を加算すると 35%減少 (Frost, 2001). Florida(性能規定, 包括化, 長期化): 2007 年, 仕様規定(993 契約)で 6%減少, PBMC(28 契約)で 13%減少 (Stankevich et al., 2005). Finland(性能規定, 包括化, 長期化): 50%減少 (Pakkala, 2005).
前回契約	Alberta(性能規定, 包括化, 連続化, 長期化): 第2期の延長あたり契約額は第1期に対し 28%減少 (Bucyk and Lali, 2006).



同表における性能規定、包括化および長期化の概念による PBMC (Florida, Argentina-CREMA, オーストラリア, N.Z.-PSMC, Finland, Virginia, British Columbia, New South Wales, Alberta) については、人員削減された公務員を政府と同じ条件で雇用する義務が受注者に課せられた上に受注規模が制限された British Columbia (BTCE, 1997) を除き、5%から 50%の縮減効果が報告されている。

比較の対象が明確である同表における性能保証付き契約 (Wisconsin-Warranty, Indiana-Warranty) については、ボンド取得費用を加味するため初期費用は増加するが、長期的には有利である。比較の対象が明確ではないものの、Ohio-Warranty (性能保証, 連続化, 長期化) の費用増加率は 2000 年で 9%, 2005 年で 1.19%であった (Scott III et al., 2011)。Indiana-Warranty (性能保証, 連続化, 長期化) は、舗装寿命の 25 年間では、管理者費用が 27%減少 (Gallivan et al., 2004)、利用者費用も考慮すれば 60%有利と結論付けた (Singh et al., 2007)。Michigan-Warranty (性能保証, 連続化) では予防的維持に対する保証期間は 3 年であるが、これが設計寿命の 60%に相当することから性能保証と位置付けている (Scott III et al., 2011)。スウェーデン、英国、デンマークでは、すべての工事に品質 (材料と施工) ワランティを適用するようになって 30 年以上が経過しており (D'Angelo et al., 2003)、ワランティなしの舗装の性能に関するデータが存在せず性能保証の効果に係る評価が不可能であると判断したため、同表には記載していない。

なお、直営方式による維持費用について算定することは、間接費算出の問題があり容易ではない (Ybarra, 1998) (BTCE, 1997) (Hoffman et al., 2010)。道路管理者が実績に基づき将来の施設改善を考慮して費用を推定した場合、その信頼性が問題となる。Virginia (性能規定, 包括化, 連続化, 長期化) では道路管理者が 17% (22 百万ドル) の縮減と推計したが (Ybarra, 1998)、議会の監査委員会 (JLARC) (2001) は縮減額には適切な根拠がなく費用分析は無効と判断した。

## b) 契約業務の軽減

Florida (性能規定, 包括化, 長期化) の 136 契約を 1 契約に統合した包括化のパイロット事業 (1994 年) では、3 年間で調達と検査に係る管理者費用が 70-90%減少した (Segal et al., 2003)。

契約期間の長期化も契約業務の軽減に有効であるが、Alberta (性能規定, 包括化, 連続化, 長期化) では契約業務を平準化するため、完了年度を集中させないよう契約期間に幅を持たせるとともに入札を 11 週毎に少数ずつ実施している (Bucyk and Lali, 2006)。

PBMC 等を導入しても従来型契約方式が避けられない部分は残る。例えば Finland (性能規定, 包括化, 長期化) では照明, 路面標示, 標識, 信号等の定期的維持および大規模修繕は PBMC とは別途の単価契約で実施される (Pakkala, 2002)。Montevideo (Zietlow, 2005) (性能規定, 連続化, 長期化) のように修繕工事を必要とする道路や Texas-Rest Area (Saenz, 2004) (性能規定, 包括化, 連続化, 長期化) のように著しく荒廃した休憩施設について修繕

工事と維持管理を外部委託する場合、修繕工事部分は単価契約である。ただし、修繕と維持の連続化により契約業務は軽減される。

#### c) 検査業務の軽減

先に紹介した Florida (性能規定, 包括化, 長期化) のように包括化による調達と検査に係る管理者費用の縮減は大きい。

Wisconsin-Warranty (性能保証, 連続化, 長期化) は、監督と検査に係る発注者費用も減少するので、保証期間内の維持管理費用の減少も考慮すると、初期費用が 7% 増加しても性能保証付き契約の方が有利と結論付けている (Krebs et al., 2001)。

一方、検査業務軽減の利点よりも維持費用の縮減を重視し業務実績の検査を強化した道路管理者も存在する。UK-MAC (性能規定, 包括化, 連続化, 長期化) では性能規定による総価契約用の単価を年度ごとの実績に基づき見直しているが、この方式は UK-MAC の後継である UK-ASC (性能規定, 包括化, 連続化, 長期化) でも継続される (Roadtraffic, 2012) (Excellence, 2011)。

#### d) 施設状態の向上

PBMC 等が施設状態に与える影響を表 4.2.5 に示す。施設状態は個別指標あるいは複数の指標を重み付けにより統合した総合評点で評価されている。

性能保証のワランティ契約は当初工事の性能を保証するものであり、その要求性能が工事以前の施設状態を上回することは当然である。同表においてワランティなしと比較した事例 (Wisconsin-Warranty, Indiana-Warranty) では、長期的に施設状態が改善されることが確認されている。

同表における性能規定, 包括化および長期化の概念による PBMC については、多くの事例 (Western Australia, N.Z.-PSMC, New South Wales, Washington, D.C., Florida, Argentina-CREMA, Virginia, Texas-Rest Area) が施設状態の向上を報告しているが、Texas-TMC のように契約期間を通して悪化した事例もある。

契約当初における目標達成度の低さ、あるいは施設状態の向上までのタイムラグを想定した事例も存在する。例えば、Argentina-Kilometer/Month (性能規定, 包括化, 連続化, 長期化) はパフォーマンス基準を満足しない場合は支払いが減額される契約であるが、既存の損傷の修復に必要な当初の数ヶ月は減額が免除された (Cabana et al., 1999)。North Carolina (性能規定, 包括化, 長期化) では受注者が当初の 6 ヶ月間にパフォーマンス基準を満足できないことが検討段階で明らかであったため、2 年間のパフォーマンス基準を低減させることで入札額の高騰を回避した。また 1 年間は業績に連動した減額をせず、この間に評価の問題点を処理しようとしたが (Arnold et al., 2009)、発注者と受注者の見解の相違を解消することができず契約は 2 年で打ち切られた (Hoffman et al., 2010)。これら契約当初の問題は、一般的に良好な水準を規定した明確なパフォーマンス基準の導入によるところが大きいと考えられる。特

に従前のサービスレベルが低かった道路の場合、パフォーマンス基準の適用はサービスレベルの顕著な向上をもたらすが、当該パフォーマンス基準による修復が全区間に及ぶには一定の時間を要するからである。このことは、契約期間の長期化が施設状態の向上に有利であることを示している。

なお、多くの施設や維持管理活動を対象とする場合、パフォーマンス基準とパフォーマンス指標の数も膨大となるため、評価指標に重み付け等を行って統合した総合評価点による評価が行われている。個別の評価指標を5段階 LOS (Level of Service)に格付けし、100点満点の総合評点を用いるのが典型的である。米国で1999年以降この方法が導入された背景に1997年の国内協同道路研究計画(NCHRP)報告書“Highway Maintenance Quality Assurance”(Smith et al., 1997)の影響があると考えられる。

表 4.2.5 PBMC 等が施設状態に与える影響

評価指標	事例
個別指標	<p>Montevideo (性能規定, 連続化, 長期化): 受注者が道路状態のパフォーマンス基準を満足するレベルまで改善するために3-12ヶ月 (Zietlow, 2005).</p> <p>Western Australia (性能規定, 包括化, 連続化, 長期化): 契約開始時と2年後のパフォーマンス基準の達成度は平坦性で96.0%から96.8%と向上, わだち掘れで99.6%から99.8%と向上しており, 契約以前の損傷の解消にも時間を要したことを考えると満足すべき結果 (Engelke, 2003).</p> <p>N.Z.-PSMC (性能規定, 包括化, 連続化, 長期化): 契約期間を通じて滑り抵抗, 安全性, 平坦性は向上, 修繕区間で後半に見られた平坦性の劣化も基準内 (Gransberg et al., 2010).</p> <p>Wisconsin-Warranty (性能保証, 連続化, 長期化): (ワランティなしと比較して)5年後の International Rough Index (IRI)が1.45から0.94に向上, 5年後の Performance Distress Index (PDI)が26から9に向上 (Krebs et al., 2001).</p> <p>Indiana-Warranty (性能保証, 連続化, 長期化): (ワランティなしと比較して)わだち掘れも平坦性も改善され, 寿命は9-10年延長 (Gallivan et al., 2004).</p> <p>New South Wales (性能規定, 包括化, 長期化): PBMCと直営方式の比較用パイロット事業(1990年)の第2期まで13%向上 (Frost and Lithgow, 1996).</p>
統合された指標 (rating)	<p>Washington, D.C. (性能規定, 包括化, 長期化): LOSは入札前, 契約時, 1年目で86, 91, 97点と向上, 4.5年目で101点に向上 (Robinson et al., 2006).</p> <p>Florida (性能規定, 包括化, 長期化): 7年目で90点 (Segal et al., 2003) (基準80点 (FDOT, 2011)).</p> <p>Argentina-CREMA (性能規定, 包括化, 連続化, 長期化): 不良な道路状態の割合は3年で25%から5%に減少 (Liataud, 2004).</p> <p>Virginia (性能規定, 包括化, 連続化, 長期化): 初期値の85.1が1年半後には95.4に向上 (Ybarra, 1998). 2001年からの第2期では, 舗装と付属施設のLOSは伝統的方法による道路管理者のLOSを上回ったが, 橋梁については逆転 (Ozbek and de la Garza, 2009).</p> <p>Texas-Rest Area (性能規定, 包括化, 連続化, 長期化): 州全体(94箇所)の状態は1年で76点から91点に向上 (85点以下で減額, 92点以上で増額) (Saenz, 2004).</p> <p>Texas-TMC (性能規定, 包括化, 長期化): 4.5年間でLOSは著しく低下 (ウェーコー市では86.4から74.6, ダラス市では82.5から75.6) (Saenz, 2004).</p>

#### e) 利用者対応の向上

性能規定、包括化および長期化の概念による PBMC を導入した Washington, D.C. では、利用者対応の向上の観点からも評価がなされている。具体的には、長年道路管理者を悩ませてきたポットホールに対する苦情を含め市民やマスコミからの苦情が激減 (FHWA, 2002)、ポットホールの修復に小型機械を導入したことで道路利用者からの苦情が減少、2003 年のハリケーンによる倒木や冠水を待機スタッフにより 72 時間で解消、緊急事態や市民からの苦情のような予期せぬ維持管理ニーズに対し道路管理者からの指示を待つことなく迅速に対応可能 (FHWA, 2004) 等の効果が報告されている。

予期せぬ維持管理ニーズに対し、発見と処理の両段階で所要時間 (道路利用者の待ち時間) と通報者の待ち時間を短縮することで、道路利用者と市民の満足度を向上させられる。しかし、多くの事例が時間に関する要求事項 (レスポンスタイム) を規定していながら、利用者対応の向上について言及した報告は少ない。なお、PBMC 等の導入に先立ちレスポンスタイムが行政のサービス目標 (管理規則) として定着している場合には顕著な改善は見込めない。

### (3) PBMC 等を構成する概念と実施効果の関係

これまでに述べた内容を整理し、導入事例を構成する概念と実施効果の一覧として表 4.2.6 に示す。さらに、概念と実施効果との関係を分析するために、同表の由来となる概念が明らかな正の効果について当該概念を明記したものを表 4.2.7 に示す。表 4.2.8 から 4.2.12 は、表 4.2.7 を各概念により並べ替えたものである。PBMC 等を構成する概念と実施効果との関係を表 4.2.13 に示す。同表からわかるように、性能規定の概念の導入により契約業務の軽減および利用者対応の向上が見られる。性能保証の概念の導入により検査業務の軽減と施設状態の向上が見られる。ただし、インプットベースを基本とする日本の公共調達に、性能規定や性能保証のようなパフォーマンスベースの概念を導入することはできない。同様に、単年度主義の日本の公共調達に連続化や長期化の概念を導入することはできないが、連続化の導入により契約業務の軽減および施設状態の向上が見られ、長期化の導入により契約業務の軽減が見られる。これに対し、包括化は現在の公共調達に導入可能であり、その導入により契約業務の軽減および検査業務の軽減が期待できる。

表 4.2.6 導入事例を構成する概念と実施効果の一覧

#	導入事例	構成する概念					実施効果				
		性能規定	性能保証	包括化	連続化	長期化	維持費用の縮減	契約業務の軽減	検査業務の軽減	施設状態の向上	利用者対応の向上
1	British Columbia (Canada)	*		*		*	★				
2	New South Wales (Australia)	*		*		*	○			○	
3	Florida (USA)	*		*		*	○	◎	◎	○	
4	Argentina–Kilometer/Month	*		*	*	*		○			
5	Alberta (Canada)	*		*	*	*	○	◎			
6	Ontario (Canada)	*		*		*					
7	Texas–TMC (USA)	*		*		*				★	
8	Washington, D.C. (USA)	*		*		*				○	◎
9	Finland	*		*	*	*	○				
10	Virginia–TAMS (USA)	*		*		*					
11	North Carolina (USA)	*		*		*					
12	Argentina–CREMA	*		*	*	*	○			○	
13	UK–MA/TMC	*		*	*	*					
14	Montevideo (Uruguay)	*		*	*	*		◎			
15	Virginia (USA)	*		*	*	*	○			○	
16	N.Z.–PSMC	*		*	*	*	○			○	
17	Western Australia (Australia)	*		*	*	*	○			○	
18	N.Z.-Hybrid	*		*	*	*					
19	UK–MAC	*		*	*	*			◎		
20	Texas–Rest Area (USA)	*		*	*	*		◎		○	
21	UK–EMAC	*		*	*	*					
22	UK–ASC	*		*	*	*					
23	Sweden–PPC		*		*	*					
24	UK–Warranty		*		*	*					
25	Wisconsin–Warranty (USA)		*	*	*	*	○		◎	○	
26	Indiana–Warranty (USA)		*		*	*	○			○	
27	Minnesota–D/B (USA)		*		*	*					
28	Michigan–Warranty (USA)		*		*	*					
29	Aspen–Warranty (Colorado, USA)		*	*	*	*					
30	Denmark–PPC	*	*		*	*					
31	Mississippi–Warranty (USA)		*		*	*					
32	Ohio–Warranty (USA)		*		*	*	★				

注) ○: 正の効果. ★: 負の効果. ◎: 由来となる概念が明らかな正の効果; Florida は 136 契約を 1 契約に統合した包括化, UK-MAC は契約の相手を 2 者から 1 者に減じた包括化, Alberta は長期化, Washington, D.C. は業務の迅速化のための性能規定, Montevideo と Texas-Rest Area は修繕と維持の連続化, Wisconsin-Warranty は性能保証.

表 4.2.7 概念と実施効果の一覧(分析用)

#	導入事例	構成する概念				実施効果			
		性能規定	性能保証	包括化	長期化	維持費用の縮減	契約業務の軽減	検査業務の軽減	施設状態の向上
1	British Columbia (Canada)	*	*	*	*	★			
2	New South Wales (Australia)	*	*	*	*				○
3	Florida (USA)	*	*	*	*		○	○	○
4	Argentina-Kilometer/Month	*	*	*	*			○	○
5	Alberta (Canada)	*	*	*	*		○	長	
6	Ontario (Canada)	*	*	*	*				
7	Texas-TMC (USA)	*	*	*	*				★
8	Washington, D.C. (USA)	*	*	*	*				○ 規
9	Finland	*	*	*	*		○		
10	Virginia-TAMS (USA)	*	*	*	*				
11	North Carolina (USA)	*	*	*	*				
12	Argentina-CREMA	*	*	*	*		○		○
13	UK-MA/TMC	*	*	*	*				
14	Montevideo (Uruguay)	*	*	*	*		連		
15	Virginia (USA)	*	*	*	*		○		○
16	N.Z.-PSMC	*	*	*	*		○		○
17	Western Australia (Australia)	*	*	*	*		○		○
18	N.Z.-Hybrid	*	*	*	*				
19	UK-MAC	*	*	*	*			包	
20	Texas-Rest Area (USA)	*	*	*	*		連		○
21	UK-EMAC	*	*	*	*				
22	UK-ASC	*	*	*	*				
23	Sweden-PPC	*	*	*	*				
24	UK-Warranty	*	*	*	*				
25	Wisconsin-Warranty (USA)	*	*	*	*		○	保	○
26	Indiana-Warranty (USA)	*	*	*	*		○		○
27	Minnesota-D/B (USA)	*	*	*	*				
28	Michigan-Warranty (USA)	*	*	*	*				
29	Aspen-Warranty (Colorado, USA)	*	*	*	*				
30	Denmark-PPC	*	*	*	*				
31	Mississippi-Warranty (USA)	*	*	*	*				
32	Ohio-Warranty (USA)	*	*	*	*	★			

表 4.2.8 性能規定と実施効果の関係

#	導入事例	構成する概念				実施効果			
		性能規定	性能保証	包括化	長期化	維持費用の縮減	契約業務の軽減	検査業務の軽減	施設状態の向上
1	British Columbia (Canada)	*	*	*	*	★			
2	New South Wales (Australia)	*	*	*	*				○
3	Florida (USA)	*	*	*	*			○	包
4	Argentina-Kilometer/Month	*	*	*	*			○	○
5	Alberta (Canada)	*	*	*	*		○	長	
6	Ontario (Canada)	*	*	*	*				
7	Texas-TMC (USA)	*	*	*	*				★
8	Washington, D.C. (USA)	*	*	*	*				○ 規
9	Finland	*	*	*	*		○		
10	Virginia-TAMS (USA)	*	*	*	*				
11	North Carolina (USA)	*	*	*	*				
12	Argentina-CREMA	*	*	*	*		○		○
13	UK-MA/TMC	*	*	*	*				
14	Montevideo (Uruguay)	*	*	*	*		連		
15	Virginia (USA)	*	*	*	*		○		○
16	N.Z.-PSMC	*	*	*	*		○		○
17	Western Australia (Australia)	*	*	*	*		○		○
18	N.Z.-Hybrid	*	*	*	*				
19	UK-MAC	*	*	*	*			包	
20	Texas-Rest Area (USA)	*	*	*	*		連		○
21	UK-EMAC	*	*	*	*				
22	UK-ASC	*	*	*	*				
30	Denmark-PPC	*	*	*	*				
23	Sweden-PPC	*	*	*	*				
24	UK-Warranty	*	*	*	*				
25	Wisconsin-Warranty (USA)	*	*	*	*		○	保	○
26	Indiana-Warranty (USA)	*	*	*	*		○		○
27	Minnesota-D/B (USA)	*	*	*	*				
28	Michigan-Warranty (USA)	*	*	*	*				
29	Aspen-Warranty (Colorado, USA)	*	*	*	*				
31	Mississippi-Warranty (USA)	*	*	*	*				
32	Ohio-Warranty (USA)	*	*	*	*	★			

注) ○: 向上事例あり, 悪化事例なし. △: 向上事例あり, 悪化事例あり. 空白: 向上事例なし, 悪化事例なし.

表 4.2.9 性能保証と実施効果の関係

#	導入事例	構成する概念				実施効果			
		性能規定	性能保証	包括化	長期化	維持費用の縮減	契約業務の軽減	検査業務の軽減	施設状態の向上
23	Sweden-PPC	*	*	*	*				
24	UK-Warranty	*	*	*	*				
25	Wisconsin-Warranty (USA)	*	*	*	*		○	保	○
26	Indiana-Warranty (USA)	*	*	*	*		○		○
27	Minnesota-D/B (USA)	*	*	*	*				
28	Michigan-Warranty (USA)	*	*	*	*				
29	Aspen-Warranty (Colorado, USA)	*	*	*	*				
30	Denmark-PPC	*	*	*	*				
31	Mississippi-Warranty (USA)	*	*	*	*				
32	Ohio-Warranty (USA)	*	*	*	*	★			
1	British Columbia (Canada)	*	*	*	*	★			
2	New South Wales (Australia)	*	*	*	*				○
3	Florida (USA)	*	*	*	*		○	○	○
4	Argentina-Kilometer/Month	*	*	*	*			○	○
5	Alberta (Canada)	*	*	*	*		○	長	
6	Ontario (Canada)	*	*	*	*				
7	Texas-TMC (USA)	*	*	*	*				★
8	Washington, D.C. (USA)	*	*	*	*				○ 規
9	Finland	*	*	*	*		○		
10	Virginia-TAMS (USA)	*	*	*	*				
11	North Carolina (USA)	*	*	*	*				
12	Argentina-CREMA	*	*	*	*		○		○
13	UK-MA/TMC	*	*	*	*				
14	Montevideo (Uruguay)	*	*	*	*		連		
15	Virginia (USA)	*	*	*	*		○		○
16	N.Z.-PSMC	*	*	*	*		○		○
17	Western Australia (Australia)	*	*	*	*		○		○
18	N.Z.-Hybrid	*	*	*	*				
19	UK-MAC	*	*	*	*			包	
20	Texas-Rest Area (USA)	*	*	*	*		連		○
21	UK-EMAC	*	*	*	*				
22	UK-ASC	*	*	*	*				
25	Wisconsin-Warranty (USA)	*	*	*	*		○	保	○
29	Aspen-Warranty (Colorado, USA)	*	*	*	*				
23	Sweden-PPC	*	*	*	*				
24	UK-Warranty	*	*	*	*				
26	Indiana-Warranty (USA)	*	*	*	*		○		○
27	Minnesota-D/B (USA)	*	*	*	*				
28	Michigan-Warranty (USA)	*	*	*	*				
30	Denmark-PPC	*	*	*	*				
31	Mississippi-Warranty (USA)	*	*	*	*				
32	Ohio-Warranty (USA)	*	*	*	*	★			

注) ○: 向上事例あり, 悪化事例なし. △: 向上事例あり, 悪化事例あり. 空白: 向上事例なし, 悪化事例なし.

表 4.2.10 包括化と実施効果の関係

#	導入事例	構成する概念				実施効果			
		性能規定	性能保証	包括化	長期化	維持費用の縮減	契約業務の軽減	検査業務の軽減	施設状態の向上
1	British Columbia (Canada)	*	*	*	*	★			
2	New South Wales (Australia)	*	*	*	*				○
3	Florida (USA)	*	*	*	*			○	包
4	Argentina-Kilometer/Month	*	*	*	*			○	○
5	Alberta (Canada)	*	*	*	*		○	長	
6	Ontario (Canada)	*	*	*	*				
7	Texas-TMC (USA)	*	*	*	*				★
8	Washington, D.C. (USA)	*	*	*	*				○ 規
9	Finland	*	*	*	*		○		
10	Virginia-TAMS (USA)	*	*	*	*				
11	North Carolina (USA)	*	*	*	*				
12	Argentina-CREMA	*	*	*	*		○		○
13	UK-MA/TMC	*	*	*	*				
14	Montevideo (Uruguay)	*	*	*	*		連		
15	Virginia (USA)	*	*	*	*		○		○
16	N.Z.-PSMC	*	*	*	*		○		○
17	Western Australia (Australia)	*	*	*	*		○		○
18	N.Z.-Hybrid	*	*	*	*				
19	UK-MAC	*	*	*	*			包	
20	Texas-Rest Area (USA)	*	*	*	*		連		○
21	UK-EMAC	*	*	*	*				
22	UK-ASC	*	*	*	*				
25	Wisconsin-Warranty (USA)	*	*	*	*		○	保	○
29	Aspen-Warranty (Colorado, USA)	*	*	*	*				
23	Sweden-PPC	*	*	*	*				
24	UK-Warranty	*	*	*	*				
26	Indiana-Warranty (USA)	*	*	*	*		○		○
27	Minnesota-D/B (USA)	*	*	*	*				
28	Michigan-Warranty (USA)	*	*	*	*				
30	Denmark-PPC	*	*	*	*				
31	Mississippi-Warranty (USA)	*	*	*	*				
32	Ohio-Warranty (USA)	*	*	*	*	★			

注) ○: 向上事例あり, 悪化事例なし. △: 向上事例あり, 悪化事例あり. 空白: 向上事例なし, 悪化事例なし.

表 4.2.11 連続化と実施効果の関係

#	導入事例	構成する概念				実施効果				
		性能規定	性能保証	包括化	連続化	維持費用の削減	契約業務の軽減	検査業務の軽減	施設状態の向上	利用者対応の向上
4	Argentina-Kilometer/Month	*	*	*	*					
5	Alberta (Canada)	*	*	*	*	○	長			
9	Finland	*	*	*	*	○				
12	Argentina-CREMA	*	*	*	*				○	
13	UK-MA/TMC	*	*	*	*					
14	Montevideo (Uruguay)	*	*	*	*	連				
15	Virginia (USA)	*	*	*	*	○			○	
16	N.Z.-PSMC	*	*	*	*					○
17	Western Australia (Australia)	*	*	*	*	○			○	
18	N.Z.-Hybrid	*	*	*	*					○
19	UK-MAC	*	*	*	*			包		
20	Texas-Rest Area (USA)	*	*	*	*	連			○	
21	UK-EMAC	*	*	*	*					
22	UK-ASC	*	*	*	*					
23	Sweden-PPC	*	*	*	*					
24	UK-Warranty	*	*	*	*					
25	Wisconsin-Warranty (USA)	*	*	*	*	○	保		○	
26	Indiana-Warranty (USA)	*	*	*	*	○			○	
27	Minnesota-D/B (USA)	*	*	*	*					
28	Michigan-Warranty (USA)	*	*	*	*					
29	Aspen-Warranty (Colorado, USA)	*	*	*	*					
30	Denmark-PPC	*	*	*	*					
31	Mississippi-Warranty (USA)	*	*	*	*					
32	Ohio-Warranty (USA)	*	*	*	*	★				
1	British Columbia (Canada)	*	*	*	*	★				
2	New South Wales (Australia)	*	*	*	*	○			○	
3	Florida (USA)	*	*	*	*	○	包	包	○	
6	Ontario (Canada)	*	*	*	*					
7	Texas-TMC (USA)	*	*	*	*				★	
8	Washington, D.C. (USA)	*	*	*	*				○	規
9	Finland	*	*	*	*	○				
10	Virginia-TAMS (USA)	*	*	*	*					
11	North Carolina (USA)	*	*	*	*					
12	Argentina-CREMA	*	*	*	*	○			○	
13	UK-MA/TMC	*	*	*	*					
14	Montevideo (Uruguay)	*	*	*	*	連				
15	Virginia (USA)	*	*	*	*	○			○	
16	N.Z.-PSMC	*	*	*	*	○			○	
17	Western Australia (Australia)	*	*	*	*	○			○	
18	N.Z.-Hybrid	*	*	*	*					
19	UK-MAC	*	*	*	*			包		
20	Texas-Rest Area (USA)	*	*	*	*	連			○	
21	UK-EMAC	*	*	*	*					
22	UK-ASC	*	*	*	*					
23	Sweden-PPC	*	*	*	*					
24	UK-Warranty	*	*	*	*					
25	Wisconsin-Warranty (USA)	*	*	*	*	○	保		○	
26	Indiana-Warranty (USA)	*	*	*	*	○			○	
27	Minnesota-D/B (USA)	*	*	*	*					
28	Michigan-Warranty (USA)	*	*	*	*					
29	Aspen-Warranty (Colorado, USA)	*	*	*	*					
30	Denmark-PPC	*	*	*	*					
31	Mississippi-Warranty (USA)	*	*	*	*					
32	Ohio-Warranty (USA)	*	*	*	*	★				
						△	○	△	△	△

注) ○: 向上事例あり, 悪化事例なし. △: 向上事例あり, 悪化事例あり. 空白: 向上事例なし, 悪化事例なし.

表 4.2.12 長期化と実施効果の関係

#	導入事例	構成する概念				実施効果				
		性能規定	性能保証	包括化	長期化	維持費用の削減	契約業務の軽減	検査業務の軽減	施設状態の向上	利用者対応の向上
1	British Columbia (Canada)	*	*	*	★					
2	New South Wales (Australia)	*	*	*	○				○	
3	Florida (USA)	*	*	*	*	○	包	包	○	
4	Argentina-Kilometer/Month	*	*	*	*					
5	Alberta (Canada)	*	*	*	*	○	長			
6	Ontario (Canada)	*	*	*	*					
7	Texas-TMC (USA)	*	*	*	*					★
8	Washington, D.C. (USA)	*	*	*	*				○	規
9	Finland	*	*	*	*	○				
10	Virginia-TAMS (USA)	*	*	*	*					
11	North Carolina (USA)	*	*	*	*					
12	Argentina-CREMA	*	*	*	*	○			○	
13	UK-MA/TMC	*	*	*	*					
14	Montevideo (Uruguay)	*	*	*	*	連				
15	Virginia (USA)	*	*	*	*	○			○	
16	N.Z.-PSMC	*	*	*	*	○			○	
17	Western Australia (Australia)	*	*	*	*	○			○	
18	N.Z.-Hybrid	*	*	*	*					
19	UK-MAC	*	*	*	*			包		
20	Texas-Rest Area (USA)	*	*	*	*	連			○	
21	UK-EMAC	*	*	*	*					
22	UK-ASC	*	*	*	*					
23	Sweden-PPC	*	*	*	*					
24	UK-Warranty	*	*	*	*					
25	Wisconsin-Warranty (USA)	*	*	*	*	○	保		○	
26	Indiana-Warranty (USA)	*	*	*	*	○			○	
27	Minnesota-D/B (USA)	*	*	*	*					
28	Michigan-Warranty (USA)	*	*	*	*					
29	Aspen-Warranty (Colorado, USA)	*	*	*	*					
30	Denmark-PPC	*	*	*	*					
31	Mississippi-Warranty (USA)	*	*	*	*					
32	Ohio-Warranty (USA)	*	*	*	*	★				
						△	○	△	△	△

注) ○: 向上事例あり, 悪化事例なし. △: 向上事例あり, 悪化事例あり. 空白: 向上事例なし, 悪化事例なし.

表 4.2.13 PBMC 等を構成する概念と実施効果の関係

PBMC 等を構成する概念	実施効果				
	維持費用の削減	契約業務の軽減	検査業務の軽減	施設状態の向上	利用者対応の向上
性能規定	△	○		△	○
性能保証	△		○	○	
包括化	△	○	○	△	
連続化	△	○		○	
長期化	△	○		△	

注) ○: 向上事例あり, 悪化事例なし.  
△: 向上事例あり, 悪化事例あり.  
空白: 向上事例なし, 悪化事例なし.

表 4.2.13 における PBMC 等を構成する概念と実施効果の関係が向上事例あり悪化事例なしの場合の向上事例を以下に列挙する。性能規定の導入による契約業務の軽減については、Argentina–Kilometer/Month が仕様規定と単価契約に基づく従来型契約では避けられない契約業務である作業指示書の発行、契約を変更した場合の精算等の軽減を目的とした。性能規定の導入による利用者対応の向上については、Washington, D.C.が 2003 年のハリケーンによる倒木や冠水を道路管理者からの指示を待つことなく 72 時間で解消した。性能保証の導入による検査業務の軽減については、Wisconsin–Warranty で監督と検査に係る発注者費用が減少した。性能保証の導入による施設状態の向上については、Indiana–Warranty でワランティなしと比較して、わだち掘れと平坦性が改善され寿命が 9–10 年延長した。包括化の導入による契約業務の軽減と検査業務の軽減については、Florida の 136 契約を 1 契約に統合した包括化のパイロット事業において 3 年間で調達と検査に係る管理者費用が 70–90%減少した。連続化の導入による契約業務の軽減については、Montevideo や Texas–Rest Area では修繕と維持の連続化により契約業務が軽減した。連続化の導入による施設状態の向上については、Argentina–CREMA では契約期間の初年度に実施される修繕の品質に係るリスクは 5 年間の維持管理義務により担保される。長期化の導入による契約業務の軽減については、Alberta が契約業務を平準化するため完了年度を集中させないよう契約期間に幅を持たせた。

#### (4) リスク分担と調達方式の継続的改善

##### a) 長期の性能規定型契約におけるリスク分担

PBMC 等は従来型契約方式と比べて受注者が多くのリスクを負担することにより、効率向上へのインセンティブを付与し、民間の技術力や創意工夫を引き出すことを目指している。したがって、リスクを受注者に移転しさえすればいいわけではなく、適切なリスク分担が重要である。「リスクを最もよく管理することができる者が当該リスクを分担する」という思想は広く受け入れられている。受注者にリスクが移転される場合と発注者がリスクを取る場合に大きく分けられる。

追加支出が発生しない総価契約により受注者にリスクが移転される事例には以下のものがある。技術力不足による費用超過のリスクは受注者が負うべきであり、その対策として性能保証と同時に長期化や連続化が進められている。例えば、特定区間の修繕と当該区間を含む道路網の維持管理を総価契約で委託する Argentina–CREMA では、契約期間の初年度に実施される修繕については施工区間と最低条件(オーバーレイ厚さ等)が指定されるだけであるが、修繕の品質に係るリスクは 5 年間の維持管理義務により担保される(Cabana et al., 1999)。Aspen–Warranty は市内道路の 30%の修繕と維持に関する 15 年の性能保証付き契約を選択した(Segal et al., 2003)。スウェーデンおよびデンマークにおいて用いられている PPC (Pavement Performance Contract)は保証期間を舗装の設計期間に近づけた性能保証であり、受注者は舗装の設計、施工、性能の維持に責任を有する(D’Angelo et al., 2003)。Virginia は従来型契約では不可抗力によるものとして精算(追加支払)がなされるような被害についても受注者の責任とした(Ybarra, 1998)。Florida は「自然災害や緊急事態に起因する準備、修理、



移設等は受注者の責任であり、受注者は(発注者である州政府から)追加報酬を受け取れない」と規定した。受注者に対し連邦政府からの賠償がなされることもあるが手続きに数年を要するため、応札者はこの高レベルのリスクを契約に包含させ入札額の上昇が懸念された (Segal et al., 2003)。

事故、天災、経済状況の変化(物価上昇等)等のリスク要因に起因する追加的支出を事業継続に不可欠であるものとして、発注者の責任を想定した事例も多い。Western Australia はサイクロンの影響に対し行政の関与を維持するために、2 契約を総価契約と単価契約の混成とした (Engelke, 2003)。日常的維持だけで数年間は現状を維持できると期待される道路網に適用される Argentina-Kilometer/Month でも総価契約による日常的維持のほかに、全体の 5%を超えない総価契約による現地事務所の設営および全体の 20%を超えない単価契約による緊急工事を含むことが可能とされた (Cabana et al., 1999)。総価契約比率の上限規制は Alberta (45%) (Bucyk and Lali, 2006) や Finland (75%) (Finnra, 2003) でも実施されている。受注者の管理できない要因による費用超過について、Western Australia では総価契約でも物価上昇等に連動し調整されている (Engelke, 2003)。Argentina-CREMA では天災、資材高騰等については入札時に提出した単価表の 25%を上限に考慮することとしている (Liataud, 2004)。

履行担保措置も重要である。Minnesota-D/B では受注者の責任で修復すべき横断ひび割れとわだち掘れが発生したが保証期間の開始時期が争点となった (MNDOT, 2005)。この問題への対策として、スウェーデン、英国、デンマークでは受注者が損傷を修復する義務を怠った場合、将来の調達(予備審査と総合評価)における減点対象としており、UK-Warranty では完全に締め出す権利を留保している。Denmark-PPC では、建設期間であれば支払いを減額し、保証期間であればボンドを活用している (D'Angelo et al., 2003)。

## b) 調達方式を継続的に改善するという思想

PBMC 等は道路管理者の費用縮減と道路利用者の便益増大のための手段であるが、その効率を向上させるために、調達方式を常に見直し継続的に改善するという思想が見受けられる。

費用縮減に関する効率向上の事例として、総価契約の UK-MAC から報酬付き実費契約の UK-EMAC への変更がある。UK-EMAC では毎年度末に次年度の目標費用が合意され、実費が目標費用を下回った場合、節減額の 2.5%、パフォーマンス基準を満たす場合さらに 5%が受注者へのボーナスとなり、さらなる費用節減の誘因として機能する。受注者の経費は周知の事実であり発注者もアクセス可能である (Verdonschot et al., 2007)。

施設状態の改善効率を高める事例として、N.Z.-Hybrid では経年的に補修閾値を厳しくする、あるいは補修閾値を超過した延長の許容範囲を減じることで LOS を向上させている (Gilbertson, 2003)。また UK-MAC には全国共通の重要なパフォーマンス指標一式が盛り込まれており、英国道路庁(Highways Agency)が公開している測定結果に基づき全国のベストプラクティスを特定することが可能となっている (Ardrey and McDermott, 2009)。

## 4.2.2 効率化の目的に応じた業務手順見直しの観点と改善策

### (1) 業務手順の改善

維持管理業務の改善目的と効果が期待される観点を表 4.2.14 に示す。同表は、PBMC 等を構成する概念と実施効果の関係を示した表 4.2.13 の行列を入れ替え、向上事例あり悪化事例なしの組み合わせのみを示したものである。本研究は、道路利用者の視点からの道路のパフォーマンスと道路管理者のパフォーマンスに着目してきた。道路のパフォーマンスである施設状態の向上のためには、性能保証の観点と連続化の観点が重要である。また、道路管理者のパフォーマンスである利用者対応の向上のためには、性能規定の観点が重要である。ただし、連続化とは修繕工事と性能規定の観点からの維持管理の連続を指し、修繕工事に係る性能保証の有無は問わない。なお、道路管理者が受益者となる契約業務の軽減と検査業務の軽減は、外部委託における改善目的であるため本項では議論しない。これについては、前項で結論したように、現在の公共調達においても包括化の概念が導入可能であり、その導入により契約業務の軽減および検査業務の軽減が期待できる。

表 4.2.14 維持管理業務の改善目的と効果が期待される観点

		観 点	性 能 規 定	性 能 保 証	包 括 化	連 続 化	長 期 化
受益者と改善目的							
道路管理者	維持費用の縮減						
	契約業務の軽減	○			○	○	○
	検査業務の軽減			○	○		
道路利用者	施設状態の向上			○		○	
	利用者対応の向上	○					

#### a) 施設状態の向上のための性能保証と連続化の観点

Indiana-Warranty では、ワランティなしと比較して、わだち掘れと平坦性が改善され寿命が 9-10 年延長した。Argentina-CREMA では契約期間の初年度に実施される修繕の品質に係るリスクは 5 年間の維持管理義務により担保され、不良な道路状態の割合は 3 年で 25%から 5%に減少した。

施設状態の向上のためのアプローチとして維持管理を見通した建設と建設に従属しない維持管理の 2通りが存在するが、性能保証と連続化は前者を意味する。維持管理段階の性能に大きく影響する建設時の性能と品質の向上および建設時の性能を初期値とした性能の経時の変化を表すパフォーマンスカーブが重要となる。

施設状態を規定するためには評価指標が不可欠であり、すべての評価指標について定義と測定方法を明確にし、点検、調査、評価の要領を整備する。施設状態に係るパフォーマンス基準については、最低限の値(通常有すべき安全性から規定される管理限界)と望ましい値(レベル向上のための目標)の区別が必要である。評価は、合格/不合格だけでなく合格値と

の乖離の程度がわかるように、定量的であることが望ましい。

データ取得のための点検と調査およびデータ管理には費用を伴うので、評価指標の種類を徒に増やすべきではない。きめ細かい維持管理を目指すあまりに評価指標が肥大化する場合もある。サービスの維持と向上のために最低限必要なものだけを残す指標のスリム化が必要である。また、顧客満足度のように大規模調査に多額の費用を要する場合は、苦情件数や業務に従事した時間等、数値化と時点間の比較が容易な指標を代替として活用する方法もある。

維持管理の実務を担う者にとっては個別の指標に関する実測値が不可欠であるが、政府や市民のように行政サービス全体の目標達成度と改善度に関心のある者にとっては評価指標にウェイト付け等を行って統合した総合評価点の方がわかりやすい。ただし、ウェイト付け等、統合する際の基準設定に恣意的要素が入る余地があることを考え合わせると、後者の客観性の確保は容易ではなく、情報公開による透明性の向上を通して関係者の理解を求めべきである。

施設の劣化モデルを持たない道路管理者は、将来の施設状態を予測できず、維持管理計画を立案することも、それに要する費用を算定することもできない。この費用は外部委託においては予定価格の根拠となる。施設の建設から修繕までのライフサイクルを通じての劣化モデルと、その各段階での損傷の種類と程度に応じた補修メニュー（工種、費用、効果等）は、調達方式の如何に関わらず、マネジメントにおいて必須である。

1998年の関東地建による排水性舗装の修繕では、騒音値の性能基準に実績の平均的な水準を用い、完成時を89dB(A)とし1年後を90dB(A)とした。これらの数値設定は比較の対象であるベースラインが存在してこそ可能となる。過去のデータの保存と最新データの追加によるデータベースの長期的保守は必須である。また、施工に関するリスクは材料供給と施工が安定してくると低下するのが一般的であり、経時的に検査頻度を下げることも可能である。さらに、施工の最終結果について性能を確認する方法が確立していれば、途中段階の検査を省略することができる。

#### b) 利用者対応の向上のための性能規定の観点

業務の迅速化による利用者対応の向上のために性能規定の観点を導入した Washington, D.C.は、2003年のハリケーンによる倒木や冠水を受注者が道路管理者からの指示を待つことなく72時間で解消したことで、利用者対応の向上のために性能規定が有効であることを示した。

日常の維持管理において例えばポットホールの発生を完全に防止することも、その時期を予測することも不可能に近い。不具合の発生を前提とし不具合が発生した場合の一定時間内の処理を目標とした対症的維持の基準は、直営業務における管理の基準としても実用的である。このため、管理基準には補修閾値だけでなくレスポンスタイムも規定する必要がある。さらに、典型的な損傷について作業手順を定型化しておくことで、判断プロセスの簡略化による時間短縮が可能となる。補修工法を費用対効果別に数種類用意しておくことで、迅速な対応の

中でも状況に応じ最適な工法を選択できる。

道路管理者が最高レベルの量と質のサービス提供を目指したとしても、無制限に資金が事業に投入されるわけではない。まず提供すべきサービスの範囲を決め、地域のニーズや投入可能な資金をもとにサービスの水準を明確にしておく必要がある。これが管理基準である。道路の維持管理を直営により行う場合にも、管理基準の導入は業務の効率と説明責任を向上させる。市民が行政サービスに満足しない理由には行政に対する過度な期待が含まれており、行政に対する期待の妥当性を確保するために、管理基準を公開し行政活動に対する市民の知識を高めることが必要である。管理基準を公表し同時に道路管理者が業務効率の向上に努めていることを広報することで、道路利用者の業務に対する理解が深まり満足度が向上する。

## (2) マネジメントサイクルにおける手順見直し機能

本研究では既に、マネジメントサイクルの基本モデルとして、企画部局と実施部局の2層構造、中間アウトカムベースの計画的維持と対症的維持、個別指標群と複合指標による複合的評価、理論の枠組みである論理モデル、論理モデルに基づくデータベース等の支援システムおよび管理規定等の技術マニュアルより成るマネジメントツール、時間的遅れを伴わない日常点検の結果を主要な観点とするPDCAサイクルを提案した。

PDCAサイクルにおいて目標達成度の評価(Check)および目標と計画の見直し(Act)がルーチンワークとなった場合、目標達成に関する責任の予算制約への転嫁や予算制約に見合った目標への下方修正はあっても、業務手順の見直しにまで踏み込むことはまれである。道路維持管理のように品質と効率が求められる活動においては、目標達成度(品質)だけでなく業務効率のレベルまで評価(Check)し、必要に応じて業務手順の見直し(Act)を行わなければならない。ここで、PDCAサイクルに組み込むべき具体的な業務手順の見直し機能として、マネジメントツールの見直し、すなわち管理規定、作業標準、積算基準等の技術マニュアルの見直しおよびデータベース、施設の劣化モデル、計画立案システム等の支援システムの見直しを提案する。マネジメントツールの見直しは企画部局によりなされる。

維持管理業務には、突発的損傷や市民からの通報のような予期せぬ維持管理ニーズに迅速に対応する対症的維持と、将来起こりうる事態の予測に基づきLCCの縮減等の観点から選択された計画に基づき行われる計画的維持がある。両者は互いに代替しうる関係にはなく、道路管理者は両者を効率的に実施する必要がある。後者には長期的視野が不可欠であり、支援システムの関与が大きい。

現在の業務手順による品質と効率の水準を確認し、業務手順の非効率な箇所の改善につなげる方法としてベンチマーキングがある。ベンチマーキングでは関係機関の業績が時系列的、横断的に比較されることにより、ベストプラクティスの特定と業務手順の比較分析が行われる。複数の道路管理者が評価指標を共有することで共同型ベンチマーキングが可能となる。共同型ベンチマーキングの手順と指標を提案した指針が2004年に公開されている(Hyman, 2004)。なお、ベストプラクティスを特定するためには、効果(アウトプット)と効率(アウトプット／

インプット)だけでなく外的条件(交通量, 天候, 物価等)に係る評価指標も必要となる. また, 業務手順を比較分析するためには, インプットとアウトプットを繋ぐプロセスとして業務手順が記述される必要がある.

### 4.3 第4章のまとめ

4.1 節では、テーマ A「修繕予算配分の公平性と点検の省力化」として、評点化・調査の方法と点検手法に応じた不良率の算出方法を検討するとともに、道路管理者による判断に資する課題を検証した。

各管理区間における区分Ⅲの施設数量により按分することで修繕予算の配分比を決定する方法を提案するとともに、区分Ⅲの比率を PD と呼び、舗装点検要領の下での点検方法の多様化に対応した管理区間 PD の算出方法を明らかにした。具体的には、評点化の方法(変量法, 属性法)と点検手法(機器を用いた手法, 目視による診断と延長測定, 目視による診断のみ)により決まる評価単位区間データ(複数の測定データ, PD, 基準内・不良の別)について、調査と推定の方法に応じた算出方法を整理した。その上で、道路管理者による選択にあたり根拠となり得る技術的知見を提供するため、主要幹線道路における既存の実測データを用いた適用事例を通じて、算出方法が管理区間 PD と予算配分比に及ぼす影響を実証的に分析した。

簡単のために管理区間の施設数量が延長で表され、かつ比較対象である全管理区間の延長が等しいものとして、施設数量ベースの修繕ニーズを管理区間 PD で代替し、管理区間 PD に基づく予算配分比を用いた結果、得られた知見は以下の通りである。

- 1) 管理区間 PD の比較は評点化の方法を共有する群において有効であり、群を越えた比較は適当でない。管理区間 PD に基づく予算配分比については評点化の方法による差は小さい。区間平均値を用いて管理区間 PD に基づく予算配分比を近似することはできない。ただし、区間平均値が大きい程すなわち管理基準との差が小さいほど管理区間 PD が大きくなるとの前提に立てば、当該差を用いて管理区間 PD に基づく予算配分比を近似できる可能性がある。
- 2) 本テーマで提案する標本調査は不良区間が多い道路への適用が有効である。標本に不良区間が含まれず点推定による管理区間 PD が 0 となった場合でも、属性法と複数の測定データを用いた変量法による管理区間 PD の信頼区間上限値は 0 とならない。PD を用いた変量法による当該管理区間 PD の信頼区間上限値は 0 のままである。両側推定と上限のみの片側推定の予算配分比に係る推定精度は大差ないが、点推定よりも高い。
- 3) 修繕と補修の予算費目を分ける際に必要のように両措置に係るニーズを分離するためには、管理区間について三分法的な評価を行う必要がある。機器を用いた手法の場合は 1 回の点検により可能である当該評価が、目視点検の場合は 2 回の点検を必要とする。目視点検のうち目視による診断のみの場合は評価に反映されない部分が存在する。両措置のニーズが多い管理区間においては補修ニーズも同様に多いことから、属性法では、両措置に係る予算配分比をもって補修に係る予算配分比とすることも一法であると考えられる。

本テーマで提案した方法については、実証分析の対象としてとりあげた道路区間と異なる環境での分析を蓄積することで、その有効性を継続的に確認する必要がある。さらに、その有

用性を高めるためにいくつかの研究課題が残されている。第 1 に、1 回の目視点検による評価単位区間内の三分法的な識別とその大まかな延長割合の把握の可能性である。二分法的な診断と延長測定を行う変量法は、二分法的な診断のみを行う属性法と比較すると、管理区間の三分法的な評価のために 2 回の点検が必要となる点は同様であるが、評価に反映されない部分が存在しない点では優れている。目視による三分法的な診断と延長測定について、2 回の目視による二分法的な診断と延長測定とのコスト比較を含めて、その実現可能性を検証する必要がある。第 2 に、標本調査における母集団の設定基準である。舗装点検要領は管内の道路を分類 A～D に区分することとし、舗装劣化の緩急を決定する要因として大型車交通量を例示している。本テーマでは、管理区間は区分された道路であり母集団として推定できるものとした。しかし、舗装のパフォーマンスすなわち交通による舗装の時間的な損傷遷移は舗装の構造により異なっており、舗装構造も加味した母集団の設定が必要である。第 3 に、時間軸の考慮である。本テーマは区間の全体が同一のパフォーマンスカーブにより特徴付けられる前提でありながら、その内容は点検時点における横断面的な比較にとどまった。交通条件と道路条件を考慮して母集団が設定され当該前提が成立する場合には、時間軸を考慮した計画的修繕の検討が可能となる。例えば、本テーマは診断による舗装状態の判定は測定データだけで決定されるものとし、「管理基準に照らし早期の超過が予見される状態」を区分Ⅲに含めていない。予防保全の観点からは当該状態での修繕が重要である。補修ニーズと定義した区分Ⅱの施設数量の一部を次年度の修繕ニーズと定義することも可能である。

4.2 節では、テーマ B「効率化の目的に応じた業務手順見直しの観点」として、PBMC 等の海外事例を対象に、契約を構成する概念と効果の関係を分析した。

PBMC の実施効果については多数の評価事例が存在するため、外部委託における実施効果と契約を構成する概念との関係を分析することが可能である。当該関係は、維持管理の改善目的と目的達成のための観点との関係として道路管理者への内部化が可能であり、業務の進め方の見直しに有用なものとなる。事後評価の目的は、維持管理の改善目的と目的達成のための観点との関係を明らかにすることであり、そのために、導入事例における契約を構成する概念と実施効果との関係を分析した。

本テーマで得られた知見と提案は以下のとおりである。

- 1) PBMC 等を構成する概念は性能規定、性能保証、包括化、連続化、長期化の 5 つであり、PBMC 等の実施効果は維持費用の縮減、契約業務の軽減、検査業務の軽減、施設状態の向上、利用者対応の向上の 5 つである。
- 2) PBMC 等を構成する概念と実施効果との関係。性能規定の概念の導入により契約業務の軽減および利用者対応の向上が見られる。性能保証の概念の導入により検査業務の軽減と施設状態の向上が見られる。ただし、インプットベースを基本とする日本の公共調達にパフォーマンスベースの概念を導入することはできない。同様に、単年度主義の日本の公共調達に導入することはできないが、連続化の導入により契約業務の軽減および施設状態

の向上が見られ、長期化の導入により契約業務の軽減が見られる。これに対し、包括化は現在の公共調達に導入可能であり、その導入により契約業務の軽減および検査業務の軽減が期待できる。

- 3) 業務手順の改善. 道路のパフォーマンスである施設状態の向上のためには、性能保証の観点と連続化の観点が重要である。道路管理者のパフォーマンスである利用者対応の向上のためには、性能規定の観点が重要である。ただし、連続化とは修繕工事と性能規定の観点からの維持管理の連続を指し、修繕工事に係る性能保証の有無は問わない。
- 4) 維持管理業務の進め方を継続的に見直し、業務効率を向上させるためには、目標と計画の見直しだけでなく業務手順を見直す機能をマネジメントサイクル(PDCA サイクル)に組み込む必要がある。具体的な見直し機能は、マネジメントツールの見直し、すなわち管理規定、作業標準、積算基準等の技術マニュアルの見直しおよびデータベース、施設の劣化モデル、計画立案システム等の支援システムの見直しを提案する。マネジメントツールの見直しは企画部局によりなされる。

PBMC 等の導入準備と維持管理業務の効率向上を進めるために、いくつかの課題が残されている。第1に、先行プロジェクトに関するデータの蓄積と共有が必要である。開始時期、契約期間、対象とする維持活動、業績評価、業績対応等の基本情報を、実施について検討中の道路管理者も含めて共有することができれば議論の場が拡大される。国や地方自治体の垣根を越えて幅広くデータを蓄積することが望ましい。第2に、ベンチマーキングの実施方法の確立が求められている。複数の機関が当該活動を継続的に実施するためには、事例評価に係る技術的手順だけでなく、参加者が実施の意思に到達し、それを維持する方法が提示される必要がある。また、ベンチマーキングの実施に先立ち、道路管理者による評価指標の共有とデータの蓄積が不可欠であり、道路維持管理の目的の明確化と、その目的の達成度を評価できる指標の抽出が必要である。



## 参考文献

- Ahmad, T., Ahmad, J. and Hossain, M.: Privatization of Low-Volume-Road Maintenance Management—Malaysian Experience, *Transportation Research Record*, No.1989, Vol.1, pp.281–289, 2007.
- Ardrey, A. and McDermott, P.: The Managing Agent Contractor (MAC) Contract—Getting it Right the First Time, Developing a Research Agenda for Transportation Infrastructure, Preservation and Renewal Conference, November 12–13, Washington, D.C., 2009.
- Arnold, J., Brandenburg, J. and Watkins, L.: North Carolina Department of Transportation's Performance-Based Contracting Experience in Charlotte, Maintenance Management 2009, *Transportation Research Circular*, E-C135, pp.37–48, 2009.
- Bucyk, N. and Lali, M.: Evolution of Highway Maintenance Outsourcing in Alberta, Canada, Maintenance Management 2006, *Transportation Research Circular*, E-C098, pp.14–25, 2006.
- Burati, J. L., Weed, R. M., Hughes, C. S. and Hill, H. S.: Optimal procedures for quality assurance specifications, Publication No. FHWA-RD-02-095, Federal Highway Administration, 2002.
- Burati, J. L., Weed, R. M., Hughes, C. S. and Hill, H. S.: Evaluation of procedures for quality assurance specifications, Publication No. FHWA-HRT-04-046, Federal Highway Administration, 2004.
- Bureau of Transport and Communications Economics (BTCE): Benefits of Private Sector Involvement in Road Provision—A Look at the Evidence, Working Paper 33, Canberra, Australia, 1997.
- Cabana, G., Liautaud, G. and Faiz, A.: Areawide Performance-Based Rehabilitation and Maintenance Contracts for Low-Volume Roads, *Transportation Research Record*, No. 1652, Volume 2, pp. 128–137, 1999.
- Carpenter, B., Fekpe, E. and Gopalakrishna, D.: Performance-Based Contracting for the Highway Construction Industry—Final Report, Koch Industries Inc., Washington, D.C., 2003.
- D'Angelo, J., Whited, G., Molenaar, K., Bower, S., Russell, J., Huber, G., Smutzer, R., Jones, D., Steele, J., King, R., Symons, M., Ramirez, T., Wood, J. and Rice, J.: Asphalt Pavement Warranties Technology and Practice in Europe, FHWA-PL-04-002, Federal Highway Administration, Washington, D.C., 2003.
- Engelke, T.: Long Term Performance-Based Road Maintenance Contracts in Western Australia, Paper for the Bay Roads Exposed Conference, Rotorua, April 27–29, 2003.
- Excellence in Business: The Highways Agency are replacing the old MAC contracts with Asset Support Contracts commencing in 2012, December 4, 2011.
- Faust, R. B.: Tables of confidence limits for proportions, AFDTC-TR-90-48, Air Force Development Test Center, 1990.
- Federal Highway Administration (FHWA): DC Streets is a Capital Success, Focus newsletter, March 2002.
- Federal Highway Administration (FHWA): DC Streets—Innovation Yields Results, Focus newsletter, December 2004.
- Finnra (The Finnish Road Administration): Procurement Strategy of the Finnish Road Administration, Helsinki, 2003.
- Florida Department of Transportation (FDOT): *Maintenance Rating Program Handbook*, 2011.

Frost, M. and Lithgow, C.: Improving Quality and Cutting Cost through Performance Contracts—Australian Experience, Paper prepared for Road Management Training Seminar of the World Bank, December 17-18, 1996.

Frost, M.: Imperatives in Future Road System Management—Improved Road Maintenance Productivity—the Australian Case, presented at 14th IRF Road World Congress, Paris, France, June 11–15, 2001.

Gallivan, V. L., Huber, G. R. and Flora, W. P.: Benefits of Warranties to Indiana, Indiana." 83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., 2004.

Gilbertson, T.: The hybrid performance based management strategy, REAAA/ARRB International Conference, Cairns, Queensland, Australia, 2003.

Gransberg, D. D., Scheepbouwer, E. and Tighe, S. L.: Performance-Specified Maintenance Contracting—The New Zealand Approach to Pavement Preservation, First International Conference on Pavement Preservation, Newport Beach, California, April 13-15, 2010.

Highways Agency: Routine & Winter Service Code, Version 5.10, Amend No. 3, dated July 2009.

Hoffman, G. L., Bhajandas, A. and Mallela, J.: Issues and Practices in Performance-Based Maintenance and Operations Contracting, NCHRP Project 20-24(61), National Cooperative Highway Research Program, 2010.

Hyman, W.: Guide for Customer-Driven Benchmarking of Maintenance Activities, NCHRP Report 511, Transportation Research Board, 2004.

Joint Legislative Audit and Review Commission (JLARC) of the Virginia General Assembly: Review of VDOT's Administration of the Interstate Asset Management Contract, Virginia, USA, 2001.

Krebs, S. W., Duckert, B., Schwandt, S., Volker, J., Brokaw, T., Shemwell, W. and Waelti, G.: Asphaltic Pavement Warranties—Five-Year Progress Report, Wisconsin Department of Transportation, 2001.

Lattner, T.: Asset Maintenance & Performance-Based Contracting, Florida Department of Transportation, AMOTIA's Third Annual Conference, September 27–30, Marriott World Center Resort in Orlando, FL, 2011.

Liautaud, G.: Maintaining Roads—Experience with Output-based Contracts in Argentina, OBA Book, pp.39–45, The World Bank, 2004.

Lund, E. A.: Privatization of Road and Bridge Maintenance in British Columbia—Transfer of Public Employees to the Private Sector, British Columbia Experience. Presented at World Bank Road Management Training Seminar, Washington, D.C., December 18, 1996.

Minnesota Department of Transportation (MNDOT): Innovative Contracting in Minnesota, 2000 to 2005, MNDOT Office of Construction and Innovative Contracting, St. Paul, 2005.

NCDOT Division of Highways: Maintenance Condition Assessment Report, 2008.

Ozbek, E. M. and de la Garza, J. M.: A Comprehensive Evaluation of Virginia Department of Transportation's Experience with Its First Interstate Asset Management Contract, 8th National Conference on Transportation Asset Management, October 19–21, Portland, Oregon, 2009.

Pakkala, P.: Innovative Project Delivery Methods for Infrastructure— An International Perspective, Finnish Road Enterprise, Helsinki, 2002.

Pakkala, P.: Performance-based Contracts—International Experience, Presentation at the TRB Executive Workshop "Performance-based Contracting", April 27, Washington, D.C., 2005.

Roadtraffic-Technology.com: UK Highways Agency awards asset support contract to Atkins-Skanska JV, 29 February 2012.

Robinson, M., Raynault, E., Frazer, W., Lakew, M., Rennie, S. and Sheldahl, E. A.: The DC Streets Performance-Based Asset Preservation Experiment—Current Quantitative Results and Suggestions for Future Contracts, Proceedings of the 85th Annual Meeting of Transportation Research Board, Paper Number: 06-2075, 2006.

Saenz, A.: Innovative Practices—Testimony before the Senate Committee on Infrastructure, Texas Department of Transportation, May 4, 2004.

Schmitt, R. L., Owusu-Ababio, S., Weed, R. M. and Nordheim, E. V.: Development of a guide to statistics for Maintenance Quality Assurance programs in transportation, Report 06-04, Midwest Regional University Transportation Center, Madison, Wisconsin, 2006.

Schmitt, R. L., Owusu-Ababio, S., McElroy, W. M. and Weed, R. M.: Level of service ranking using the Percent-Within-Limits measure, Maintenance Management 2012, *Transportation Research Circular*, E-C163, Transportation Research Board of the National Academies, pp. 121–135, 2012.

Sorrell, C. S.: Contracting Interstate Maintenance—Turnkey Asset Maintenance Service Contracts (TAMS), Commonwealth Transportation Board, 2007.

Scott III, S., Ferragut, T., Synchron, M. and Anderson, S.: Guidelines for the Use of Pavement Warranties on Highway Construction Projects, National Cooperative Highway Research Program, Report 699, 2011.

Segal, G. F., Moore, A. T. and McCarthy, S.: Contracting for Road and Highway Maintenance, Reason Public Policy Institute, Los Angeles, 2003.

Singh, P., Oh, J. E., Labi, S. and Sinha, K. C.: Cost-Effectiveness Evaluation of Warranty Pavement Projects, *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.133, No.3, pp.217–224, 2007.

Smith, K. L., Stivers, M., Horner, T. E. and Romaine, A. R.: Highway Maintenance Quality Assurance, National Cooperative Highway Research Program, Web Document 8, 1997.

Stankevich, N., Qureshi, N. and Queiroz, C.: Performance-based Contracting for Preservation and Improvement of Road Assets, Transport Note No. TN-27, The World Bank, 2005.

Stunell, C.: Portsmouth Highways Management PFI Contract, Portsmouth City Council HP, 2009.  
Transportation Research Board: Glossary of Highway Quality Assurance Terms—Fourth Update, *Transportation Research Circular*, E-C137, 2009.

Verdonschot, S., Davies, A., Frederiksen, L. and Hartmann, A.: Monitoring, evaluation and reflection PIM—final report PHASE 2, Imperial College London, Universiteit Twente, 2007.

Weed, R. M.: Quality Assurance Software for the Personal Computer, Publication No. FHWA-SA-96-026, Federal Highway Administration, 1996.

Weed, R. M., Schmitt, R. L., Owusu-Ababio, S. and Nordheim, E. V.: Ranking procedure based on statistical hypothesis testing, *Transportation Research Record*, No. 1991, Transportation Research Board of the National Academies, pp. 12–18, 2007.

Wipperman, D.: Highway Maintenance Contracting in Ontario, AMOTIA's Third Annual Conference, September 27–30, Marriott World Center Resort in Orlando, FL, 2011.

Ybarra, S. J.: VMS Asset Management Contract for Virginia's Interstate Highways, *Public Works Financing*, Vol.124, pp.26–30, 1998.

Zietlow, G. J.: Cutting Costs and Improving Quality through Performance- Based Road Management and Maintenance Contracts—The Latin American and OECD Experiences, University of Birmingham (UK), Senior Road Executives Programme, Restructuring Road Management, 24–29 April, Birmingham, 2005.

秋葉正一:舗装の点検要領とマネジメント, 舗装, Vol. 52, No. 1, pp. 3–4, 2017.

亀山修一, 金森弘晃, 井上昌幸, 浅田拓海, 川端伸一郎:舗装路面の目視点検の精度に関する研究, 土木学会論文集 E1(舗装工学), Vol. 71, No. 3(舗装工学論文集, Vol. 20), p.I\_25-I\_30, 2015.

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34回建設省技術研究会報告, 1980.

国土交通省道路局:総点検実施要領(案)【舗装編】, 平成25年2月, 2013a.

国土交通省道路局国道・防災課:舗装の調査要領(案), 平成25年2月, 2013b.

国土交通省道路局:道路橋定期点検要領, 平成26年6月, 2014a.

国土交通省道路局:道路トンネル定期点検要領, 平成26年6月, 2014b.

国土交通省道路局:舗装点検要領, 平成28年10月, 2016.

日本道路協会:道路維持修繕要綱, 1978.

八谷好高:アスファルト混合物の施工性能の定量評価に関する一検討, 舗装, Vol. 47, No. 2, pp. 13–17, 2012.

武藤聡, 久保和幸, 藪雅行:「舗装点検要領」の策定について, 舗装, Vol. 52, No. 1, pp. 11–15, 2017.

## 第5章 効果の向上に資する維持管理の優先順位付け

### 5.1 優先順位付けに用いる指標と検証すべき課題

本節では、5.2 節(テーマ C)と 5.3 節(テーマ D)に共通するパフォーマンス指数の算出方法と両テーマで検証すべき課題について述べる。

#### 5.1.1 パフォーマンス指数の算出方法

##### (1) 重み係数を用いた評点の統合

本研究では、工種と特性の多様性および機能に対するその複合的効果を考慮した複合指標をパフォーマンス指数(Performance Index: PI)と呼ぶこととし、評点化した特性を機能に対する重要性を勘案して統合したものとして定義する。

PI の算出手順は、1) 機能  $i$  に係る資産区分  $j$  の PI を求める、2) 資産区分別 PI を統合し機能  $i$  に係る全体 PI を求める、3) 機能別 PI を統合し総合 PI を求める、の 3 段階となり、以下の 3 式で表すことができる。

$$PI_{ij} = \sum_k R_{jk} W_{ijk} / \sum_k W_{ijk} \quad (5.1.1)$$

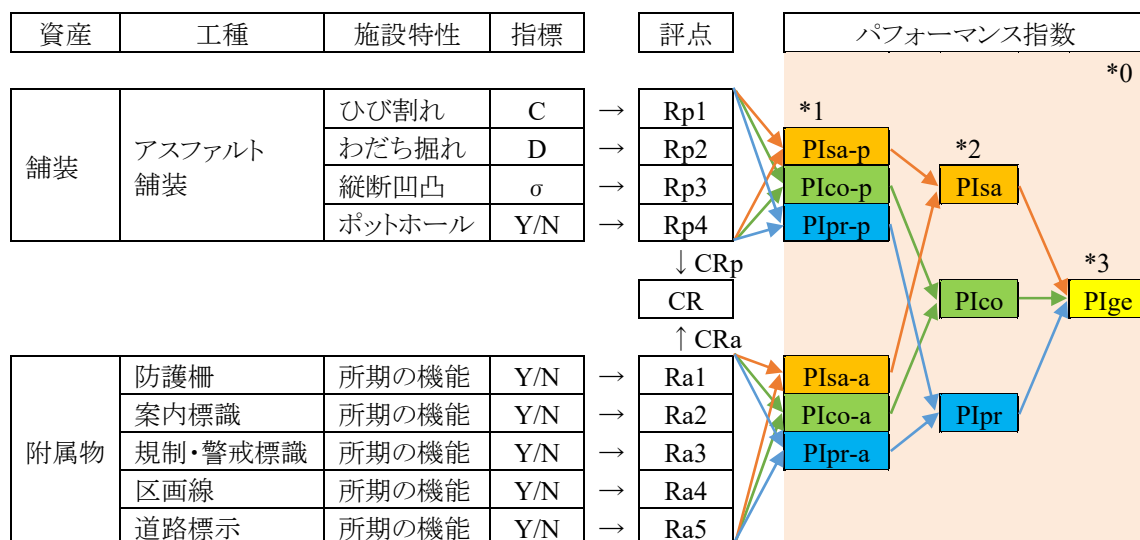
$$PI_i = \sum_j PI_{ij} W_{ij} / \sum_j W_{ij} \quad (5.1.2)$$

$$PI_{general} = \sum_i PI_i W_i / \sum_i W_i \quad (5.1.3)$$

ここで、 $PI_{ij}$ :機能  $i$  に係る資産区分  $j$  の PI,  $R_{jk}$ :資産区分  $j$  施設特性  $k$  の評点,  $W_{ijk}$ :機能  $i$  に係る資産区分  $j$  施設特性  $k$  の重み係数,  $PI_i$ :機能  $i$  に係る全体 PI,  $W_{ij}$ :機能  $i$  に係る資産区分  $j$  の重み係数,  $PI_{general}$ :総合 PI,  $W_i$ :機能  $i$  の重み係数。

複合指標化の枠組みを図 5.1.1 に示す。第 3 章で述べたように、実践事例では、EU とオーストラリア・ニュージーランド道路運輸交通協会 (Austroads) が、域内の舗装の横断面的ベンチマーキングを可能とするため、道路管理者間で定義が異なる路面特性に関する既存データを無次元数の指数に変換し、複数の指数を機能に対する相対的重要性により加重平均する複合指標を開発した。米国諸州における維持管理品質保証 (Maintenance Quality Assurance: MQA) プログラムのうち、機能を考慮しない MRP と TxMAP は資産区分に着目し、特性等の評点と重みにより資産区分の評点を得た後に、各資産区分の評点と重みにより全体の評点を得ている。機能を考慮する事例では、Compass は LOS 等級付けにおいて機能の相対的重要性に応じた差別化を行い、MAP は機能の相対的重要度を維持管理行為の優先順位付けに用いている。しかし、道路の多機能性と舗装の特性および附属物の工種の多様性を同時に勘案した MQA 事例は存在しない。一方、附属物を含む多工種の機能別健全指標の概念を提案した研究事例は存在するが、事例における試算には附属物が含まれておらず、舗装と橋梁

を対象とした試算では両工種が独立した別工区として扱われている。本研究は、舗装と附属物が共存する工区における機能の観点からのサービス水準を全工種の施設特性の複合的效果として評価するところに新規性がある。



注) \*0: 機能を考慮する領域に着色した。\*1: 機能 i に係る資産区分 j の PI。\*2: 資産区分別 PI を統合した機能 i に係る全体 PI。\*3: 機能別 PI を統合した総合 PI。  
 略語) Y/N: Yes/No. R: Rating, 評点。CR: Composite Rating, 複合評点。PI: Performance Index, パフォーマンス指数。p: pavement, 舗装。a: appurtenances, 附属物。sa: safety, 安全。co: comfort, 快適。pr: preserve, 保全。ge: general, 総合。

図 5.1.1 複合指標化の枠組み

## (2) 施設特性の評点化

評点化の方法として、補修閾値による正規化およびパフォーマンス基準と評点基準による基準内率 (Percent Within Limit: PWL) の 2 種類を用いる。4.1 節 (テーマ A) で不良率を用いたのに対し本章で基準内率を用いる理由は、本章の提案指標との相関すなわち提案指標による補完性を検証する (テーマ C) MCI が、損傷が大きいほど大きな値を示す路面特性値とは対照的に、高得点が良好な路面特性を表すという形で定義されているためである。

補修閾値による正規化は Austroads (2011) が舗装の機能別複合指標を算出する際に用いている。本研究では、最も基本的な線形法 (Bai et al., 2008) を用いることとし、次式による。

$$R(x) = \begin{cases} 0 & x \geq x_1 \\ H(x_1 - x)/(x_1 - x_0) & x_0 \leq x \leq x_1 \\ H & x \leq x_0 \end{cases} \quad (5.1.4)$$

ここで、 $x$ : 特性値、 $R(x)$ : 正規化された  $x$ 、 $x_0$ :  $x$  のとり得る最小値、 $x_1$ :  $x$  の補修閾値、 $H$ :  $R(x)$  のとり得る最大値。  $H$  には 1 あるいは 100 (%) を用いるのが一般的であるが、必要に応じ他の値とすることもできる。

パフォーマンス基準と評点基準は米国諸州における維持管理品質保証 (MQA) の際に用

いられている。パフォーマンス基準は、抽出区間の指標を測定し適合・不適合を判定するために閾値を規定した基準である。評点基準は、道路区間内に存在する抽出区間の適合・不適合の区間数の割合あるいは適合・不適合の施設数量の割合による評点付けを行う基準である。ネットワーク全体の日常点検にはより簡便な方法が求められることから、本研究では評点基準として適合区間数の割合(%)を用いることとする。

上記2方法とは別に、特性値や適合割合を5段階LOSに等級付けすることも行われている。例えば、コロンビア特別区(D.C.)における性能規定型のアセットマネジメントプロジェクト”DC STREETS”では、表3.3.2に示したように、平均わだち深さに応じて「Excellent: 5, Good: 4, Fair: 3, Poor: 2, Very Poor: 1」のいずれかに等級付けされる。「Good: 4」の状態がパフォーマンス目標を満足した状態である。ウィスコンシン州の維持管理品質保証(MQA) Compassでは、表3.4.10に示したように、パフォーマンス基準に対する不適合率に応じて「A, B, C, D, F」のいずれかに等級付けされる。5段階LOSは、同一等級内に存する2者の優劣を比較できないため、本研究では用いないこととした。

評点化における正規化と基準内率の意味するものを図5.1.2に示す。例えば、わだち掘れ量の補修閾値40mmの区間で平均値が28mmの場合、最小値0mm(100)と補修閾値40mm(0)の間で線形法により正規化すると $100(40-28)/(40-0)$ となり評点は30である。一方、補修閾値に対する適合割合は同図によれば75%程度である。また、平均値は3段階診断区分「健全, 予防的維持, 対症的維持」の「予防的維持」に位置づけられる。補修閾値を考慮して正規化することは、5段階LOSと同様に特性値を最高から最低の範囲内に位置づけるものである。したがって、パフォーマンス基準に適合する区間数割合を求める基準内率とは評点の意味するものが異なる。

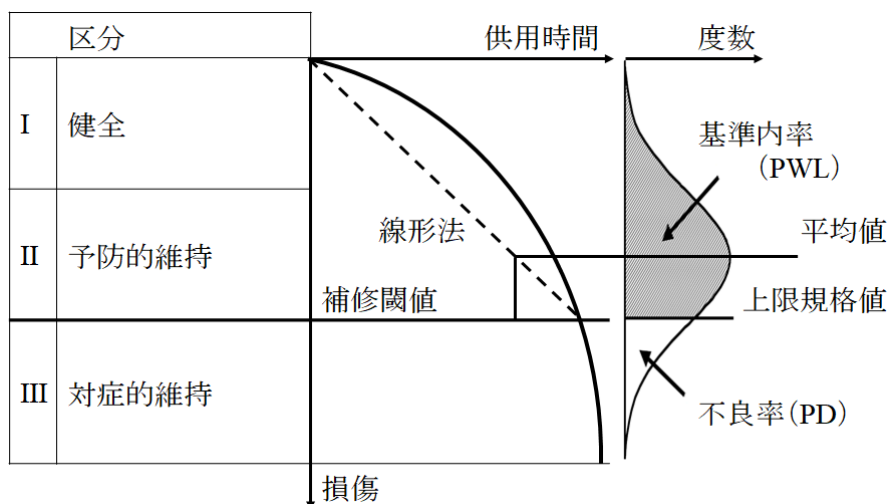


図 5.1.2 評点化における正規化と基準内率の意味するもの

### (3) 重み係数

道路の多機能性と舗装の特性および附属物の工種の多種性を同時に勘案した MQA 事例は存在しないが、対象とした項目には共通するものも多い。この共通性を踏まえて、これ以降の論を進めるにあたり、対象とする資産区分は舗装と附属物とする。舗装の工種はアスファルト舗装とし、附属物の工種は防護柵、案内標識、規制・警戒標識、区画線、道路標示とする。

#### a) 舗装に係る重み係数

機能別の路面特性と重み係数については EU(2008)が提案しており、その詳細は表 3.4.3 に示したとおりである。EU 提案における機能は安全、快適、構造であるが、本章では構造に代えて保全の語を用いる。保全とは道路の構造を保全し可能な限り耐用年数を延ばすという道路管理者の視点によるものである。舗装に係る路面特性と重み係数を表 5.1.1 に示す。同表は、表 3.4.3 における路面特性からテクスチャ、すべり抵抗、支持力を除き、路面損傷をポットホールとした上で、提案された中央値を示したものである。除いた 3 者は、指標の測定に専用の機器を必要とし、ネットワークレベルでのデータ整備が将来的にも期待できないため除外した。ポットホールは、現時点ではデータ整備は不十分であるものの整備の必要性は認識されており、走行車両からの目視によっても概ね確認できるものであるため残すこととした。これによる最大値と最小値は、例えば安全に係るわだち掘れの 1.0 とひび割れの 0 である。

道路種別別の機能と重み係数についても EU が提案しており、その詳細は表 3.4.4 に示したとおりである。舗装に係る機能と重み係数を表 5.1.2 に示す。同表は、表 3.4.4 における機能から路面特性別の重み係数が提案されていない環境を除いたものである。

表 5.1.1 舗装に係る路面特性と重み係数

路面特性	機能		
	安全	快適	保全
縦断凹凸		1.0	0.7
わだち掘れ	1.0	0.8	0.5
ひび割れ		0.6	0.9
ポットホール	0.7	0.8	

表 5.1.2 舗装に係る機能と重み係数

道路種別	機能		
	安全	快適	保全
自動車専用道路	1.0	0.7	0.65
主要幹線道路	1.0	0.7	0.8
その他の道路	1.0	0.65	1.0



## b) 附属物に係る重み係数

附属物の工種は防護柵, 案内標識, 規制・警戒標識, 区画線, 道路標示である. 舗装に係る機能は安全, 快適, 保全としたが, 附属物は保全への貢献が小さいと考えられるため, 舗装と附属物に共通する機能は安全と快適の 2 つとする. 舗装の施設特性は工種がアスファルト舗装だけであるため路面 4 特性としたが, 附属物は工種が多数であるため, 米国における MQA 事例に倣い, 施設特性として所期の機能を用いる. すなわち, 各工種の構造と幾何学的配列に応じ機能を評価するための複数の指標と閾値が定められたパフォーマンス基準が存在し, ひとつでも指標が閾値を超過した場合には当該工種は欠陥あり, すなわち所期の機能を有しないと判定するものである. 表 5.1.3 に舗装と附属物に係る工種による構造・幾何学的配列・施設特性の多種性を示す.

表 5.1.3 工種による構造・幾何学的配列・施設特性の多種性

資産区分	工種	構造	幾何学的配列	施設特性
舗装	アスファルト舗装	面状	連続線状	ひび割れ
				わだち掘れ
				縦断凹凸
				ポットホール
附属物	防護柵	面状部材と支柱の複合構造	不連続線状	所期の機能
	案内標識		点状	所期の機能
	規制・警戒標識			所期の機能
	区画線	線状	連続線状	所期の機能
	道路標示		不連続線状	所期の機能

附属物の工種については重み係数を明記した事例が存在しないため, 工種が機能に与える影響の程度 (major, medium, minor) に応じた3 段階の重み係数 (0.33, 0.22, 0.11) を用いた Austroads の事例に倣う. 表 3.4.10 に示したウィスコンシン州の Compass における LOS 等級付け基準によれば, 中央線と規制・警戒標識が決定的安全に貢献し, 外側線・防護柵・案内標識・道路標示が安全・移動性に貢献する. ここで舗装と区画線・道路標示が路面上の特性として一体的に評価できると仮定し, 決定的安全に貢献する区画線の安全に係る重み係数をわだち掘れの重み係数と等しく 1.0 とすることにより, 3 段階の重み係数として 1.0, 0.7, 0.3 を得ることができる. さらに上述の安全に係るひび割れのように 0 となる場合を想定することにより, 舗装との整合を考慮した区画線・道路標示の重み係数の定義域は {1.0, 0.7, 0.3, 0} となる. さらに, 区画線の安全に与える影響が major であることから, これを附属物の重み係数の定義域とする. ここに述べたことをまとめて, PI の算出に用いる項目と重み係数を表 5.1.4 に示す. 既に述べたように, 機能を考慮しない MRP と TxMAP は各資産区分の重み係数を定めているが, 機能を考慮する Compass と MAP は定めていない. 個別機能に係る各資産区分の重み係数は, 道路管理の実情に即して設定するものであり本研究では設定しないが, 設定にあたっての考え方について後述する.

表 5.1.4 PI の算出に用いる項目と重み係数

資産区分	工種	施設特性	安全	快適
舗装	アスファルト舗装	ひび割れ	0	0.6
		わだち掘れ	1.0	0.8
		縦断凹凸	0	1.0
		ポットホール	0.7	0.8
附属物	防護柵	所期の機能	0.7	0
	案内標識	所期の機能	0.3	1.0
	規制・警戒標識	所期の機能	1.0	0
	区画線	所期の機能	1.0	0.7
	道路標示	所期の機能	0.3	0.3

### 5.1.2 検証すべき課題

本章の目的は、事業実施効果の向上のために、計画策定段階に着目し、機能の観点からの優先順位付けを提案することである。本節でパフォーマンス指数の算出方法を明らかにした上で、次節以降では、企画部局による予算配分の優先順位付け(テーマ C)および実施部局による事業実施の優先順位付け(テーマ D)について論じる。表 5.1.5 に課題の検証方針を示す。

表 5.1.5 課題の検証方針

	テーマ 5.1: 予算配分	テーマ 5.2: 事業実施
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ MCIとPIの相関(補完性)</li> <li>・ 評点化された路面特性値の相互比較性</li> <li>・ 重み付けの影響</li> <li>・ 管理区間長の影響</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 資産区分(舗装, 附属物)の重み係数</li> <li>・ 対症的維持の実施方針(点検と措置)と管理目標の設定方針の影響</li> <li>・ 評点付けを基準内率(PWL)による場合と正規化による場合の評価結果の相違</li> </ul>
方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 舗装 3 特性(C, Dmean, <math>\sigma</math>)</li> <li>・ 評点化: 補修閾値による正規化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 舗装 4 特性(C, Dmax, <math>\sigma</math>, ポットホール), 附属物 2 工種(区画線, 道路標示)</li> <li>・ 評点化: 基準内率(PWL)</li> </ul>
解析区間	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 国内主要幹線道路の実測データ</li> <li>・ 区間長 100m の C, Dmean, <math>\sigma</math> から 240 組</li> <li>・ 延長 8km の管理区間を 3 区間, 延長 4km の管理区間を 6 区間</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 国内主要幹線道路の実測データ</li> <li>・ 区間長 100m の C, Dmean, <math>\sigma</math> から 120 組</li> <li>・ 延長 2km の管理区間を 6 区間</li> <li>● データの生成</li> <li>・ Dmean に 1.2 を乗じ Dmax</li> <li>・ ポットホールおよび区画線・道路標示: 海外の幹線道路におけるラベリングの実測データに基づいて評点化</li> </ul>

### (1) テーマ C

機能の観点から MCI を補完する指標を提案することで道路管理者の説明責任を支援することが可能となる。このため、MCI と提案指標の相関すなわちパフォーマンス指数(PI)による補完性を検証する。さらに路面特性値の課題と評点化された路面特性値の相互比較性、重み付けの影響、管理区間長の影響を確認する。

企画部局による現状把握と将来予測を踏まえた中長期計画の策定と予算配分には、ネットワークレベルでの測定データが不可欠であるため、舗装の多特性に係る複合的評価を用いざるを得ない。舗装のネットワークレベルでの測定データの整備状況を考慮して舗装 3 特性(ひび割れ、わだち掘れ、縦断凹凸)に着目し、ひび割れ率 C, わだち掘れ量 D, 平坦性  $\sigma$  を用いる。D は区間平均値であるため、評点化には補修閾値による正規化を用いる。

### (2) テーマ D

舗装と附属物に係る資産区分別 PI を統合することでその複合的評価が可能となる。舗装と区画線・道路標示は、路面上の特性として道路管理において密接に関連している。ここに着目して、両資産区分に係る重み係数を提案する。さらに、対症的維持の実施方針(点検と措置)と管理目標の設定方針の影響、評点付けを PWL による場合と正規化による場合の評価結果の相違を確認する。

実施部局による現状把握を踏まえた当期の事業実施の優先順位付けには、対象区間が比較的短い場合、附属物に係る測定データが整備されている可能性を考慮して、舗装と附属物に係る複合的評価を想定し得る。舗装 4 特性(ひび割れ、わだち掘れ、縦断凹凸、ポットホール)および附属物 2 工種(区画線、道路標示)に着目する。附属物を対象とするため、評点化にはパフォーマンス基準と評点基準による基準内率(PWL)を用いる。したがって、わだち掘れ量には区間平均値 D でなく区間最大値を用いる。5.3 節で詳述するが、D に 1.2 を乗じたものを区間最大値とする。ポットホールおよび区画線・道路標示については国内の実測データが得られないため、海外の幹線道路におけるラベリングの実測データに基づいて評点化する。

## 5.2 機能の観点からの予算配分の優先順位付け

### 5.2.1 優先順位付けのための複合指標の算出式

#### (1) 評点化

路面特性値の評点化は、MCI との比較を考慮して 10 から 0 の数値となるように正規化するため、式(5.1.4)における  $H$  として 10 を用いた次式によった。

$$R(x) = \begin{cases} 0 & x \geq x_1 \\ 10(x_1 - x)/(x_1 - x_0) & x_0 \leq x \leq x_1 \\ 10 & x \leq x_0 \end{cases} \quad (5.2.1)$$

ここで、 $x$ : 路面特性値、 $R(x)$ : 正規化された  $x$ 、 $x_0$ :  $x$  のとり得る最小値、 $x_1$ :  $x$  の補修閾値。

ひび割れ率  $C$ 、わだち掘れ量  $D$ 、平坦性  $\sigma$  の  $x_0$  はそれぞれ 0%、0mm、0mm とした。道路維持修繕要綱(日本道路協会, 1978)を参考にして  $C$  の  $x_1$  を 40%、 $D$  の  $x_1$  を 40mm とした。東京都が  $\sigma$  の要補修判定の目安を 6mm としていることから(上野, 2014)、 $\sigma$  の  $x_1$  を 6mm とした。 $\sigma$  と IRI の相関に関する知見(久保ら, 2006)から  $\sigma$  の 6mm を IRI に換算すると 8mm/m となり、古い舗装の場合で劣化が進行し明確な損傷が部分的に発生している状態の IRI に相当する(国土交通省, 2013)。

複合指標の評価において、 $MCI$  のように段階的管理基準とする場合の補修閾値以外の閾値(以下、「管理目標」という。)には、直轄国道の予防的修繕(舟橋, 2006)を参考にして  $C$  の 30%と  $D$  の 30mm を用いた。 $\sigma$  は道路維持修繕要綱を参考にして 5mm とした。 $\sigma$  と IRI の相関に関する知見(久保ら, 2006)から  $\sigma$  の 5mm を IRI に換算すると 7mm/m となり、古い舗装の場合で劣化がかなり進行したような状態の IRI に相当する(国土交通省, 2013)。

#### (2) 重み付け

機能別の路面特性と重み係数については、表 5.1.1 におけるポットホールを除いたものを、EU 案として表 5.2.1 に示す。さらに、重み付けの影響を確認するために、Austroads(2011)が例示した差分の大きな重み付けを用い EU 案における特定の路面特性の影響を拡大させたものを、AU 案として表 5.2.2 に示す。これにより安全に係る指標だけは複合指標とならず EU 案と AU 案による差も生じなくなるが、本テーマの目的である  $MCI$  を補完する指標の有用性に係る議論への影響は大きくないと考えられる。

表 5.2.1 機能別の路面特性と重み係数:EU 案

路面特性	機能		
	安全	快適	保全
ひび割れ		0.6	0.9
わだち掘れ	1.0	0.8	0.5
縦断凹凸		1.0	0.7

表 5.2.2 機能別の路面特性と重み係数:AU 案

路面特性	機能		
	安全	快適	保全
ひび割れ		0.11	0.33
わだち掘れ	0.33	0.22	0.11
縦断凹凸		0.33	0.22

### (3) 統合

工種と特性の多種性および機能に対するその複合的効果を考慮した複合指標として、パフォーマンス指数 (Performance Index: PI) の算出式は式 (5.1.1) から (5.1.3) に示したとおりである。式 (5.1.1) と表 5.2.1 から、EU 案による機能別 PI は式 (5.2.2) から (5.2.4) によった。式 (5.1.3) と表 5.1.2 の主要幹線道路に係る重み係数から、EU 案による機能別 PI を統合した総合 PI ( $PI_{general}$ ) は式 (5.2.5) によった。

$$PI_{safety} = 1.00R(D) \quad (5.2.2)$$

$$PI_{comfort} = 0.25R(C) + 0.33R(D) + 0.42R(\sigma) \quad (5.2.3)$$

$$PI_{preserve} = 0.43R(C) + 0.24R(D) + 0.33R(\sigma) \quad (5.2.4)$$

$$PI_{general} = 0.40PI_{safety} + 0.28PI_{comfort} + 0.32PI_{preserve} \quad (5.2.5)$$

ここで、 $PI_{safety}$ :安全の観点からの PI,  $PI_{comfort}$ :快適の観点からの PI,  $PI_{preserve}$ :保全の観点からの PI,  $PI_{general}$ :総合 PI,  $R(C)$ :正規化された C,  $R(D)$ :正規化された D,  $R(\sigma)$ :正規化された  $\sigma$ 。また、複数の測定単位区間の値を区間延長により加重平均することで全体の平均値を得た。

同様に、重み付け AU 案 (表 5.2.2) による機能別 PI は式 (5.2.6) から (5.2.8) によった。総合 PI については EU 案と同様に式 (5.2.5) によった。

$$PI_{safety} = 1.00R(D) \quad (5.2.6)$$

$$PI_{comfort} = 0.17R(C) + 0.33R(D) + 0.50R(\sigma) \quad (5.2.7)$$

$$PI_{preserve} = 0.50R(C) + 0.17R(D) + 0.33R(\sigma) \quad (5.2.8)$$

### 5.2.2 課題の検証のための解析区間の概要

路面特性値であるひび割れ率 C, わだち掘れ量 D, 平坦性  $\sigma$  は、国内の主要幹線道路における既存の実測データを用いた。一般地域に存する密粒度舗装から延長 8km の管理区間を 3 区間選定し解析区間とした。各管理区間は延長 100m の評価単位区間で構成されている。管理区間長の影響を確認するために、各管理区間を 2 分割した 4km 案も設定した。なお、路面特性値は供用中のある時点における道路のパフォーマンスを測定したものであり、これだけをもって道路管理者のパフォーマンスを評価することはできない。しかし、ネットワークレベルでのベンチマーキングが序列化を伴うことも事実であり、そのことによる不利益を懸念する道路管理者も存在する。これに配慮して、本研究では路線名を公表しないこととした。表 5.2.3

に舗装3特性のデータを示す。

ベンチマーキングとはパフォーマンスの時系列的、横断面的な比較を通して現在の業務手順による品質と効率の水準を確認することであり、ベストプラクティスの特定と業務手順の比較分析および改善が可能となる(Hyman, 2004)。Asano and Tokunaga(2008)は最終アウトカムとして走行速度、事故率、苦情・要望の発生件数、中間アウトカムとして連続すべり抵抗値を用いているが、これらのパフォーマンス指標はネットワークレベルで評価される。

表5.2.3 舗装3特性のデータ

管理区間A						管理区間B						管理区間C					
管理区間a			管理区間b			管理区間c			管理区間d			管理区間e			管理区間f		
C	D	$\sigma$	C	D	$\sigma$	C	D	$\sigma$	C	D	$\sigma$	C	D	$\sigma$	C	D	$\sigma$
(%)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)
25.2	11	2.07	26.7	7	2.16	14.8	11	4.13	28.6	9	2.5	8.5	13	2.59	16.3	10	2.82
15.7	5	1.43	30.2	15	3.38	12.5	6	3.83	16.8	8	3.89	7.3	9	2	16	10	2.78
31.6	6	2.53	3.8	3	1.43	20.2	14	2.63	12.2	10	4.89	5.4	5	2.12	10.9	13	2.82
28	6	2.53	7.6	6	1.43	4.6	5	2.63	27.1	25	4.89	4.7	6	1.7	7.1	7	2.11
9.8	6	2.31	4.9	5	1.48	4.4	4	0.93	24.8	7	2.87	2.2	5	1.56	3.2	6	5.19
19.9	5	2.19	24.8	8	2.51	7.7	4	1.26	28.7	8	2.22	0.2	3	1.43	6.6	12	1.68
22.8	7	2.65	23.8	15	2.72	12.6	4	1.65	28.4	10	1.82	0	3	1.83	5.6	6	1.61
16.5	5	2.59	13.6	13	1.75	3	5	1.6	23.7	7	1.82	1.5	3	1.86	0	4	1.22
28.6	8	2.71	2.8	5	1.21	1.9	4	1.91	33.9	8	2.95	6.4	8	2.38	3.5	4	1.68
16.6	8	2.82	9.8	11	2.42	19	7	3.53	3.2	24	2.65	9.7	12	1.87	11.8	6	4.58
9.8	10	2.24	2.3	10	2.23	11.6	6	2.02	0.4	35	2.51	7.1	9	3.53	10.3	9	2.45
10.4	9	2.64	12.8	13	2.01	3.5	4	1.66	6.5	26	2.74	7.5	10	2.81	7.1	17	2.41
13.1	15	2.56	2.2	7	1.43	0.3	3	1.57	2.3	17	2.11	6.6	8	4.24	12.2	14	3.15
8.9	13	2.56	2.6	6	2.15	3.4	4	1.57	3.6	5	1.9	6.7	5	2.88	11.4	17	3.15
0.4	10	2.43	1.4	4	1.23	1.1	3	1.32	8.4	5	1.91	16.7	7	3.31	19.2	13	3.43
0	10	2.22	1.7	4	1.26	0.9	4	1.66	9.3	15	3.32	13.4	13	5.62	19.2	13	3.19
2.1	10	2.96	1	4	1.41	7.5	3	2.08	1.2	4	1.37	20.5	10	3.29	18.4	8	2.48
3.3	6	2.11	8.2	5	2.28	8.9	6	1.54	0	4	0.97	6.8	6	4.17	10.6	7	3.17
14.3	4	1.82	6.9	8	2.33	22.3	16	2.78	1.5	6	1.6	27.9	10	6.48	28.9	12	2.88
8.5	5	1.99	2.3	9	4.82	0.9	18	1.15	26.8	10	3.01	8.9	17	4.05	16.9	14	2.88
15.7	7	2.31	5.2	10	4.26	9.2	10	2.17	33.5	7	3.34	12.4	12	4.18	7	9	1.16
5.3	4	1.57	10.5	16	3.57	3.7	7	3.19	29.1	9	3.45	8.8	6	4.24	6.8	10	1.63
0	3	1.23	17.4	21	3.6	2.4	13	2.34	23.9	13	2.4	12.7	10	6.03	12.1	10	1.52
0	3	1.57	16.8	8	2.14	3	8	1.25	0	3	1.28	8	5	2.31	9.2	13	2.3
5.1	4	1.33	13	23	2.7	2.2	10	1.25	0	3	1.2	12	5	1.62	10.7	9	2.23
16.2	7	1.28	1.2	22	1.75	1.6	5	1.27	12.2	8	2.21	8.6	22	3.47	0.1	5	3.15
18.8	7	1.61	1	8	1.25	0.4	5	1.73	14.3	18	4.39	5.1	14	2.67	20	7	2.78
24.1	9	2.4	16	6	3.26	0.9	4	0.95	4.8	14	2.03	5.5	11	3.03	32.4	14	2.84
15.3	4	2.02	28.9	8	1.88	0	5	1.11	1.9	8	1.88	11.4	9	2.57	23.2	9	2.28
18	5	2.5	13.6	6	1.54	0	11	1.39	8	8	1.58	8.6	13	4.21	13.9	10	1.74
16.8	6	1.31	3.5	5	1.92	2.2	12	0.97	5.2	6	1.63	6.1	9	3.69	33.6	13	3.85
15.8	11	1.38	3.5	3	2.48	5.6	13	1.67	10.1	8	2.02	3.1	22	2.8	12.4	8	1.8
20.4	11	2.56	1.7	4	1.75	11.4	8	3.08	9.3	8	2.4	22.5	16	5.67	11.9	11	2.34
3.2	5	1.14	29.7	7	5.16	7.3	7	3.46	3.1	5	2.4	11.7	20	3.16	1.2	11	2.34
0	3	1.2	7.6	7	3.34	11	6	2.05	1.2	6	3.16	30	11	4.01	3.9	12	1.82
0	4	1.56	7.9	4	3.35	2.9	5	1.55	3.3	11	2.6	11	9	1.92	5.3	18	2.42
0	6	1.34	1.6	3	1.84	2.1	5	2.46	8.7	16	2.47	3.9	7	1.48	2.4	12	1.34
14.4	4	2.41	3.6	12	2.04	4.6	4	1.88	24.8	17	2.36	7.8	9	2.98	2.7	12	1.58
10.3	9	1.66	14.6	10	2.92	10.9	5	1.14	20.6	15	1.59	11	13	3.03	0.1	28	2.53
8	9	1.46	4.3	13	3.22	24.5	7	2.33	5.6	13	2.38	8.2	9	2.73	0.6	14	2.05

### 5.2.3 課題の検証結果

#### (1) 優先順位付けへの適用可能性

##### a) 路面特性値と正規化された路面特性値

解析区間における  $C$ ,  $D$ ,  $MCI$  管理基準の適合状況を表 5.2.4 に示す.  $C$  と  $D$  については補修閾値を超えている区間はなく, 続く正規化において路面特性値の大小に関わらず 0 を割り当てる操作は行われていない. ただし平坦性  $\sigma$  については, 補修閾値を超えている 2 区間に 0 を割り当てる操作が行われた. また,  $C$  だけから  $MCI$  を算出する式(2.1.3)すなわち  $MCI_1$  により  $MCI$  が決定された区間数に着目すると,  $C$  が 30%以上であるセル【23】には  $MCI_1$  により  $MCI$  が決定されなかった区間が存在する一方で,  $C$  が 30%未満であるセル【33】には  $MCI_1$  により  $MCI$  が決定された区間が存在している. このことから,  $MCI_1$  により  $MCI$  が決定される条件を単一の路面特性値  $C$  だけでは説明できないことがわかる.

表 5.2.4 解析区間における管理基準の適合状況

	$D \geq 40$	$40 > D \geq 30$	$30 > D$	計
$C \geq 40$	区間数:0	区間数:0	区間数:0	0
$40 > C \geq 30$	区間数:0	区間数:0	区間数:7 【23】 $MCI \leq 3:0$ $3 < MCI \leq 4:7$ $MCI_1$ による:3 $MCI_2$ による:0	7
$30 > C$	区間数:0	区間数:1 【32】 $MCI \leq 3:0$ $3 < MCI \leq 4:1$ $MCI_1$ による:0 $MCI_2$ による:1	区間数:232 【33】 $MCI \leq 3:1$ $3 < MCI \leq 4:25$ $MCI_1$ による:39 $MCI_2$ による:15	233
計	0	1	239	240

表 5.2.4 のセル【23】とセル【32】の路面特性値,  $MCI$  および正規化された路面特性値を表 5.2.5 に示す. 機能の観点からの管理方針の下では, 個別機能に対応していない  $MCI$  を用いることはできず, 単一の路面特性を重視せざるを得ない. 補修に係る区間の優先順位付けを行う場合, セル【23】7 区間とセル【32】1 区間の路面特性値の比較が必要となるが, 図 5.2.1 に示すように単位の異なる  $C$  と  $D$  を比較することはできない. 一方, 図 5.2.2 に示すように正規化された路面特性値である  $R(C)$  と  $R(D)$  は比較が可能である. 損傷が大きいほど大きな値を示す路面特性値とは対照的に, 高得点が良好な路面特性を表すという特徴も直感的に理解しやすい. 8 区間における  $R(C)$  と  $R(D)$  の最小値は区間 1156 の  $R(D)$  の 1.3 であり, 単一の路面特性を重視する立場をとれば区間 1156 の補修を最優先とする判断もあり得る.

表 5.2.5 セル【23】と【32】の路面特性値と MCI

セル	【23】							【32】
	1154	1256	1166	1253	1028	1067	1220	1156
区間	1154	1256	1166	1253	1028	1067	1220	1156
C(%)	33.9	33.6	33.5	32.4	31.6	30.2	30	0.4
D(mm)	8	13	7	14	6	15	11	35
$\sigma$ (mm)	2.95	3.85	3.34	2.84	2.53	3.38	4.01	2.51
MCI	3.9	3.4	4.0	3.4	4.2	3.4	3.7	4.8
MCI <sub>1</sub>	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.8	3.8	8.3
MCI <sub>2</sub>	7.7	6.7	7.9	6.6	8.1	6.4	7.1	3.5
MCI(最小)	3.6	3.4	3.6	3.4	3.7	3.4	3.7	3.5
R(C)	1.5	1.6	1.6	1.9	2.1	2.5	2.5	9.9
R(D)	8.0	6.8	8.3	6.5	8.5	6.3	7.3	1.3
R( $\sigma$ )	5.1	3.6	4.4	5.3	5.8	4.4	3.3	5.8
R(D)-R(C)	6.5	5.2	6.6	4.6	6.4	3.8	4.8	

注)MCI<sub>2</sub>によりMCIが決定された区間1156のR(D)-R(C)は表示していない。

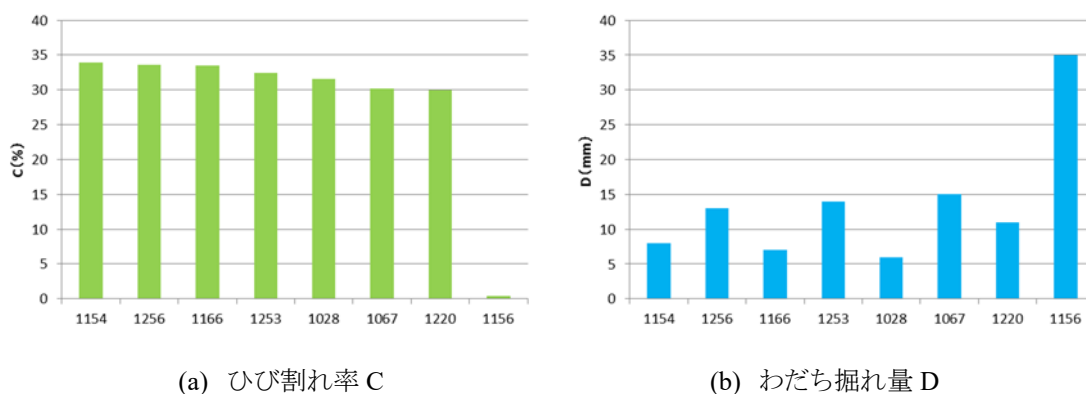
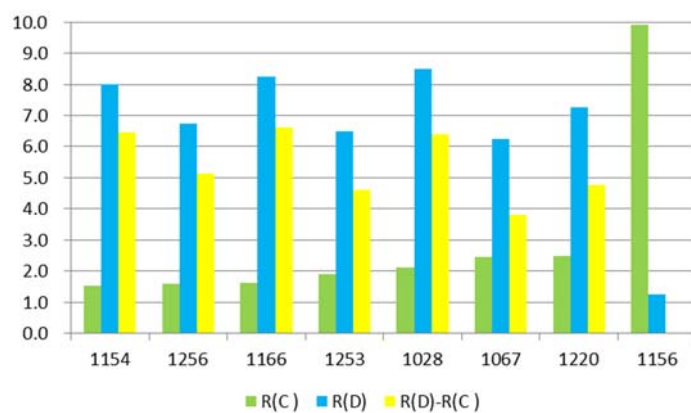


図 5.2.1 セル【23】と【32】の路面特性値



注)MCI<sub>2</sub>によりMCIが決定された区間1156のR(D)-R(C)は表示していない。

図 5.2.2 セル【23】と【32】の正規化された路面特性値



先に単一の路面特性値  $C$  だけでは説明できないと結論した  $MCI_1$  により  $MCI$  が決定される条件について、複数の路面特性値を用いて検討するために  $R(D)$ - $R(C)$  に着目した。このため、表 5.2.5 および図 5.2.2 では  $MCI_2$  により  $MCI$  が決定された区間 1156 の  $R(D)$ - $R(C)$  を表示していない。図 5.2.2 からは  $MCI_1$  により  $MCI$  が決定された区間 1154, 1166, 1028 の  $R(D)$ - $R(C)$  が大きいことがわかる。本事例の場合、区間 1028 の 6.4 と区間 1256 の 5.2 が境界となっている。この結果は  $MCI_1$  の開発理由がひび割れ率だけが著しく増加する舗装への対応であったことから推測できたことではあるが、定量的考察を可能にしたのは正規化された路面特性値である。

### b) 重み付けの影響

セル【23】とセル【32】の 8 区間における  $PI$  と補修に係る優先順位を表 5.2.6 に示す。重み付けには EU 案と AU 案を用い、 $PI$  の値が小さいほど優先順位が高いとした。EU 案と AU 案による差が生じない  $PI_{safety}$  は表示していない。注目する機能が異なれば区間の優先順位が変わることは当然であるが、一定の機能で重み付けが異なるだけでも区間の優先順位が変わっている。EU 案に基づき AU 案を決定する際には、機能に対する各路面特性の重要性による順位を保ちつつ、重要度を表す重み係数の差分を拡大するという操作を行った。重み付けにあたっては、序数評価の結果が等しくても基数評価の結果次第ではプロジェクトの優先順位が変わり得るという事実に留意する必要がある。また、機能の統合に伴う評価結果の多様性の消失は、総合  $PI$  による総合的評価だけでなく機能別  $PI$  による個別的评价が重要であることを示唆している。

表 5.2.6 セル【23】と【32】の  $PI$

セル		【23】								【32】
区間		1154	1256	1166	1253	1028	1067	1220	1156	
$PI_{comfort}$	EU 案	値	5.2	4.1	5.0	4.8	5.8	4.5	4.4	5.3
		順位	6	1	5	4	8	3	2	7
	AU 案	値	5.4	4.3	5.2	5.1	6.1	4.7	4.5	5.0
		順位	7	1	6	5	8	3	2	4
$PI_{preserve}$	EU 案	値	4.3	3.5	4.1	4.1	4.9	4.0	3.9	6.5
		順位	6	1	5	4	7	3	2	8
	AU 案	値	3.8	3.1	3.7	3.8	4.4	3.7	3.6	7.1
		順位	6	1	3	5	7	4	2	8
$PI_{general}$	EU 案	値	6.0	5.0	6.0	5.3	6.6	5.0	5.4	4.1
		順位	6	2	7	4	8	3	5	1
	AU 案	値	5.9	4.9	5.9	5.2	6.5	5.0	5.3	4.2
		順位	7	2	6	4	8	3	5	1

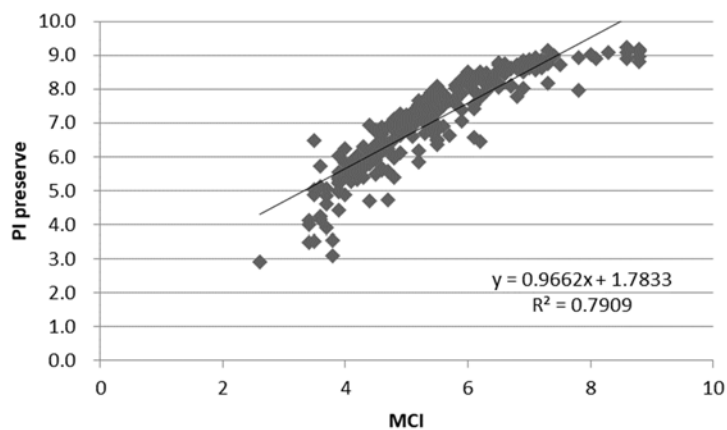
注) 両案による順位に差が生じたものの内、2 以上の差を赤色で示し、それ以外を黄色で示す。

c) MCIと保全に係るPIの相関

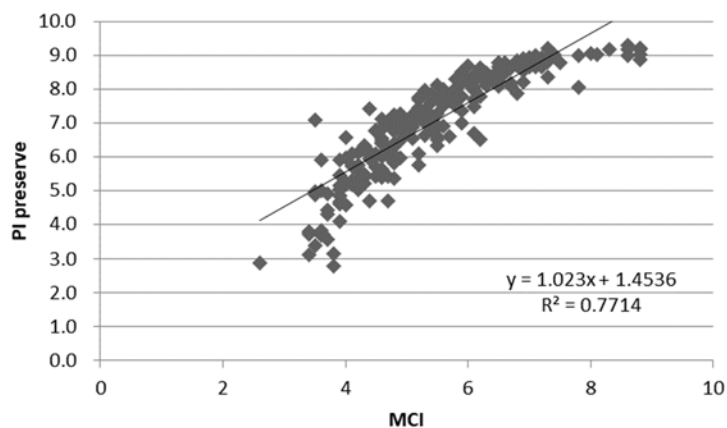
安全と快適が道路利用者の視点によるのに対し、保全は道路の構造を保全し可能な限り耐用年数を延ばすという道路管理者の視点によるものである。したがって、保全に係る  $PI_{preserve}$  が  $MCI$  の比較対象となり得る。240区間のデータに基づく両者の相関関係を図 5.2.3 に示す。現行の評価の枠組みに  $PI$  を組み込むためには、 $MCI$  と  $PI_{preserve}$  の乖離が大きいことは看過できない。 $MCI$  と  $PI_{preserve}$  の相関を最大ならしめる重み付けを得るために、 $MCI$  と正規化された路面特性値の重回帰分析を行った。分析の結果を表 5.2.7 に示す。自由度調整済み決定係数  $R^2$  は 0.8760 である。係数を和が 1 となるように正規化し、 $MCI$  と  $PI_{preserve}$  の相関を最大ならしめる重み付けを次式のように得た。

$$PI_{mci} = 0.45R(C) + 0.48R(D) + 0.07R(\sigma) \quad (5.2.9)$$

ここで、 $PI_{mci}$  :  $MCI$  との相関が最大となる  $PI_{preserve}$ 。



(a) EU 案



(b) AU 案

図 5.2.3 MCI と  $PI_{preserve}$  の相関関係

表 5.2.7 MCIと正規化された路面特性値の重回帰分析結果

	係数	標準誤差	t	P-値
切片	-1.4057	0.1919	-7.3248	3.76E-12
R(C)	0.4076	0.0143	28.5449	1.71E-78
R(D)	0.4429	0.0240	18.4528	1.14E-47
R( $\sigma$ )	0.0633	0.0198	3.1938	0.0016

MCIと $PI_{mci}$ の相関関係を図 5.2.4 に示す。MCIによる判断基準「5 以上であれば望ましい管理水準, 4 以下であれば修繕が必要, 3 以下であれば早急に修繕が必要」を図 5.2.4 の回帰式に代入することで、 $PI_{mci}$ の管理基準「7:望ましい管理水準, 6:管理目標, 5:補修閾値」を得ることができる。なお、 $PI_{mci}$ の式(5.2.9)を $PI_{preserve}$ の式(5.2.4)と比較すると、R(C) R(D)間、R(D) R( $\sigma$ )間で重み係数の大小関係が逆転している。保全に係る $PI_{preserve}$ の重み付けを見直すにあたっては、例えば日本の実情に即した維持管理の必要性を判断する指標として、EUの知見に基づく案が妥当であるかという観点とMCIが機能し得るかという観点の両方が必要である。

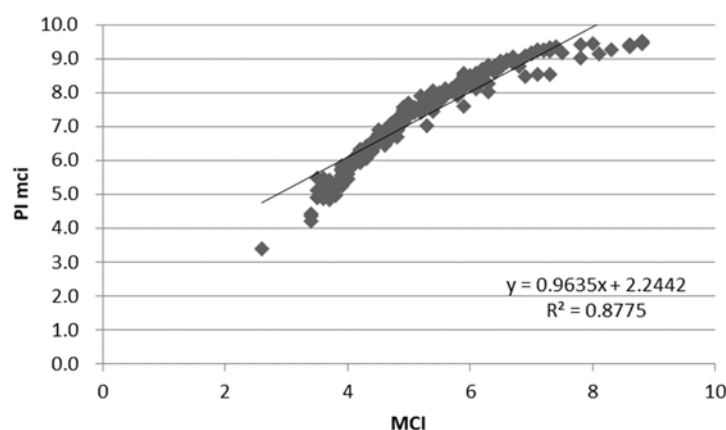


図 5.2.4 MCIと $PI_{mci}$ の相関関係

## (2) ネットワークレベルでのベンチマーキング

### a) 管理区間における中間アウトカム

管理区間 8km 案における路面特性値、MCIおよびPIの平均値と順位を表 5.2.8 に示す。PIとしては前節で評価結果の多様性を確認した $PI_{comfort}$ と $PI_{preserve}$ を用い、重み付けはEU案によっている。これらの指標は外部要因の影響を受けず、道路管理者による維持管理業務だけで決定される。各機能に係る路面特性は複数存在するため、機能の観点からの維持管理ニーズを単一の路面特性により評価することはできない。また、機能に対する貢献度・重要度も路面特性により異なるため、例えば快適や保全の観点からの維持管理ニーズを、ひび割れ率

Cで区間Bに劣る区間Aとわだち掘れ量Dで区間Aに劣る区間Bの間で比較することは困難である。これに対し、機能に応じた指標である  $PI_{comfort}$  と  $PI_{preserve}$  は両区間の比較を可能にする。8km案の場合、3区間のMCIの大小関係と各PIの大小関係に差は生じなかった。

表 5.2.8 管理区間 8km 案における路面特性値と複合指標

管理区間 8km 案		A	B	C
C(%)	値	11.0	9.7	10.3
	順位	1	3	2
D(mm)	値	7.9	9.0	10.4
	順位	3	2	1
$\sigma$ (mm)	値	2.21	2.22	2.81
	順位	3	2	1
MCI	値	5.5	5.6	5.2
	順位	2	3	1
$PI_{comfort}$	値	7.1	7.1	6.5
	順位	3	2	1
$PI_{preserve}$	値	7.1	7.2	6.7
	順位	2	3	1
$PI_{mci}$	値	7.5	7.6	7.3
	順位	2	3	1

#### b) 管理区間長の影響

管理区間 4km 案における MCI および重み付け EU 案による PI の平均値と順位を表 5.2.9 に示す。MCI を基準とした指標の大小関係の逆転が、 $PI_{comfort}$  の区間 d 区間 e 間と区間 e 区間 f 間および  $PI_{preserve}$  の区間 e 区間 f 間で生じている。このため、 $PI_{comfort}$  の区間 e と区間 f および  $PI_{preserve}$  の区間 f の順位と MCI による順位との間には 2 以上の差が生じている。4km 案で見られた指標の大小関係の逆転が 8km 案では見られないように、比較すべき区間間の差異が評価区間の統合により認知されなくなる可能性がある。中間アウトカムである PI と最終アウトカムとの関係を分析する場合には、前者の評価区間の延長を後者のそれ以下に設定する必要がある。

表 5.2.9 からは  $PI_{comfort}$  と  $PI_{preserve}$  により MCI とは異なる評価が可能であることが明らかであり、ネットワークレベルでの PI の MCI に対する補完性を表すものである。 $PI_{mci}$  は MCI に近似した評価結果を得られることも確認した。ただし、これは評価区間の統合による差異の消失によることも考えられる。表 5.2.10 は評価単位区間 100m における複合指標を比較したものであるが、個別の評価単位区間では  $PI_{mci}$  は MCI を代替できない結果となっている。図 5.2.4 で確認した MCI と  $PI_{mci}$  の相関関係は 240 区間のデータに基づくものであり、プロジェクトレベルへの適用は不適當である。既に述べたように、日本の実情に即した維持管理の必要性を判断する指標として MCI が機能し得るかという観点が必要である。

表 5.2.9 管理区間 4km 案における複合指標

管理区間 8km 案		A		B		C	
管理区間 4km 案		a	b	c	d	e	f
MCI	値	5.5	5.5	6.0	5.1	5.3	5.1
	順位	5	4	6	2	3	1
PI <sub>comfort</sub>	値	7.2	7.0	7.6	6.6	6.4	6.7
	順位	5	4	6	2	1	3
PI <sub>preserve</sub>	値	7.1	7.1	7.8	6.6	6.7	6.8
	順位	5	4	6	1	2	3
PI <sub>mci</sub>	値	7.5	7.6	8.2	7.0	7.4	7.1
	順位	4	5	6	1	3	2

注)MCI による順位と差が生じたものの内、2 以上の差を赤色で示し、それ以外を黄色で示す。

表 5.2.10 評価単位区間 100m における複合指標

評価単位区間 100m	1154	1256	1166	1253	1028	1067	1220	1156	
MCI	値	3.6	3.4	3.6	3.4	3.7	3.4	3.7	3.5
	順位	5	1	6	2	8	3	7	4
PI <sub>comfort</sub>	値	5.2	4.1	5	4.8	5.8	4.5	4.4	5.3
	順位	6	1	5	4	8	3	2	7
PI <sub>preserve</sub>	値	4.3	3.5	4.1	4.1	4.9	4	3.9	6.5
	順位	6	1	5	4	7	3	2	8
PI <sub>mci</sub>	値	4.9	4.2	5.0	4.3	5.4	4.4	4.8	5.5
	順位	5	1	6	2	7	3	4	8

注)MCI による順位と差が生じたものの内、2 以上の差を赤色で示し、それ以外を黄色で示す。MCI が同値の場合の順位は PI<sub>mci</sub> の順序による。

## 5.3 機能の観点からの事業実施の優先順位付け

### 5.3.1 優先順位付けのための複合指標の算出式

#### (1) 評点化

施設特性として所期の機能を用いる附属物を対象とするため、評点化の方法としてパフォーマンス基準と評点基準による基準内率(Percent Within Limit: PWL)を用いた。閾値を超える損傷が存在しないという形式でパフォーマンス基準が記述されることを考慮して、舗装に係る特性であるわだち掘れの指標には最大わだち掘れ量を用いた。首都高速道路の舗装レイティング表(半野と大久保, 2007)を参考に、平均わだち掘れ量に 1.2 を乗じたものを最大わだち掘れ量とした。

#### (2) 重み付け

舗装 4 特性(ひび割れ, わだち掘れ, 縦断凹凸, ポットホール)および附属物 2 工種(区画線, 道路標示)の機能別重み係数を表 5.3.1 に示す。同表は, 表 5.1.4 における附属物の工種から防護柵, 案内標識, 規制・警戒標識を除いたものである。

表 5.3.1 路面上 6 特性の機能別重み係数

資産区分	工種	施設特性	安全	快適
舗装	アスファルト舗装	ひび割れ	0	0.6
		わだち掘れ	1.0	0.8
		縦断凹凸	0	1.0
		ポットホール	0.7	0.8
附属物	区画線	所期の機能	1.0	0.7
	道路標示	所期の機能	0.3	0.3

#### (3) 統合

パフォーマンス指数(Performance Index: PI)の算出は式(5.1.1)および(5.1.2)による。以下、安全に係る PI を  $PI_{safety}$ , 快適に係る PI を  $PI_{comfort}$  と略記する。

### 5.3.2 課題の検証のための解析区間の概要

延長 2km の管理区間を 6 区間想定し, 舗装 4 特性(ひび割れ, わだち掘れ, 縦断凹凸, ポットホール)および附属物 2 工種(区画線, 道路標示)に着目した。ポットホールおよび区画線・道路標示については国内の実測データが得られないため, Fwa and Farhan (2012) がネットワークレベルの舗装状態指数(Pavement Condition Index: PCI)の算出に用いた幹線道路におけるラベリングの実測データに基づいて, 施設特性の評点を設定した。

舗装 3 特性(ひび割れ, わだち掘れ, 縦断凹凸)の評点を設定するにあたり, 直轄国道管理調査(基準調査)(建設省, 1991)におけるひび割れ率  $C$ , わだち掘れ量  $D$ , 平坦性  $\sigma$  の 1,175 組のデータから 120 組を抽出し延長 100m の評価単位区間(以下, 「区間」という)とした。

ただし、管理区間の評点を左右する不適合区間が一定数以上含まれるように、 $C$  が 20%を超えるあるいは  $D$  が 20mm を超える組を抽出した。120 区間を無作為に 6 群に分け、延長 2km の管理区間を 6 つ設定した。舗装 3 特性のデータを表 5.3.2 に示す。また、各管理区間における舗装 3 特性データの区間平均値を表 5.3.3 に示す。管理区間 F はひび割れ率  $C$  が他の区間よりも大きい。一方、管理区間 A, B, C はひび割れ率  $C$  が小さくわだち掘れ量  $D$  が大きい。テーマ C と同様の補修閾値 ( $C:40\%$ ,  $D:40\text{mm}$ ,  $\sigma:6\text{mm}$ ) および管理目標 ( $C:30\%$ ,  $D:30\text{mm}$ ,  $\sigma:5\text{mm}$ ) を採用した。

表 5.3.2 舗装 3 特性のデータ

管理区間A			管理区間B			管理区間C			管理区間D			管理区間E			管理区間F		
C	D	$\sigma$	C	D	$\sigma$	C	D	$\sigma$	C	D	$\sigma$	C	D	$\sigma$	C	D	$\sigma$
(%)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)
0.6	24.0	2.8	0.0	46.0	3.8	0.0	36.0	1.6	0.2	23.0	1.1	30.0	9.0	2.4	4.4	27.0	1.7
0.9	22.0	3.1	0.0	21.0	1.8	0.0	21.0	2.6	0.5	28.0	1.1	1.7	30.0	3.2	35.3	5.0	5.6
0.9	26.0	3.2	0.0	29.0	1.9	0.5	23.0	3.1	1.4	35.0	1.3	7.7	27.0	2.0	35.4	10.0	5.7
0.5	30.0	1.4	0.0	31.0	1.8	1.5	25.0	3.8	1.9	36.0	1.3	0.0	24.0	2.7	41.2	19.0	3.3
0.5	36.0	1.5	0.0	26.0	1.4	0.0	23.0	1.0	20.9	36.0	2.2	2.0	27.0	2.5	35.8	15.0	3.9
0.5	43.0	1.8	0.0	36.0	1.6	0.0	29.0	1.0	0.0	21.0	3.2	2.0	24.0	1.9	1.7	23.0	1.5
0.0	50.0	2.0	2.4	45.0	1.7	0.0	31.0	1.1	0.0	24.0	3.3	0.0	21.0	1.9	8.0	25.0	1.8
4.6	21.0	2.0	2.4	54.0	2.0	0.0	40.0	1.2	0.0	21.0	2.4	0.5	21.0	1.8	0.0	24.0	1.6
4.9	23.0	1.9	0.0	22.0	1.4	0.0	45.0	1.4	0.3	26.0	2.8	0.6	25.0	1.7	21.5	5.0	3.2
6.7	25.0	2.1	0.0	30.0	1.9	0.1	21.0	2.4	1.1	28.0	2.8	26.9	23.0	1.7	16.3	21.0	2.9
0.0	27.0	0.8	0.0	37.0	1.7	0.2	25.0	2.5	0.0	21.0	2.0	0.2	22.0	0.9	17.0	24.0	3.3
0.0	36.0	0.8	0.0	45.0	2.1	3.5	28.0	2.6	0.2	22.0	2.5	0.2	22.0	1.3	30.0	12.0	3.0
0.0	42.0	1.0	0.1	21.0	2.0	3.7	31.0	2.7	8.2	30.0	4.4	0.2	22.0	1.7	22.3	6.0	2.1
0.0	22.0	1.4	0.1	27.0	2.3	0.4	34.0	2.8	18.5	22.0	3.6	25.4	31.0	5.4	24.3	13.0	2.5
0.0	27.0	1.6	0.0	50.0	2.0	0.5	36.0	2.9	0.0	22.0	3.3	15.6	32.0	4.8	23.4	15.0	3.0
0.0	34.0	1.7	8.9	32.0	2.8	0.0	23.0	1.4	0.1	26.0	2.6	32.1	30.0	4.5	28.1	11.0	2.4
0.0	44.0	2.2	2.1	24.0	1.5	0.0	34.0	1.6	0.2	30.0	2.8	12.5	27.0	2.9	33.2	15.0	2.4
0.0	27.0	1.7	5.8	25.0	1.5	0.0	37.0	1.8	0.2	31.0	3.0	10.7	31.0	3.0	35.6	15.0	2.7
0.0	34.0	2.2	5.8	30.0	1.5	0.0	44.0	2.3	0.2	32.0	2.8	22.4	26.0	3.1	41.4	13.0	2.3
0.0	42.0	3.4	0.0	40.0	1.8	2.8	48.0	2.8	0.0	21.0	1.3	17.3	29.0	3.3	49.6	15.0	2.9

注) わだち掘れの指標  $D$  は平均わだち掘れ量である。 $D$  に 1.2 を乗じたものを最大わだち掘れ量とした。

表 5.3.3 各管理区間における舗装 3 特性データの区間平均値

管理区間	A	B	C	D	E	F
C(%)	1.0	1.4	0.7	2.7	10.4	25.2
D(mm)	31.8	33.6	31.7	26.8	25.2	15.7
$\sigma$ (mm)	1.9	1.9	2.1	2.5	2.6	2.9

ポットホールおよび区画線・道路標示の評点設定に用いたラベリングデータは 1km 区間データであり、表 5.3.4 に示すように、損傷の程度(重度, 中度, 軽度)に応じた 3 段階の記号(H, M, L)と損傷した面積の百分率を表す数値から成る。評点の設定にあたり、H は補修閾値を超えるもの、M は管理目標を超え補修閾値以下のものと読み替えた。データは同一 1km 区間内に記号が共存していないが、実際の道路で H が存在し M が存在しないことは考えにくいので、H が存在する 1km 区間に同割合の M を割り当てた。各特性の損傷割合はラベリングの割

合に比例するものとした。すなわち、ポットホールはラベリングの割合の 100%、区画線は 25%、道路標示は 50%である。舗装 3 特性と同様に 1km 区間が延長 100m の区間により構成されているものとし、損傷割合に対応した最小区間数を不適合区間数とした。例えば表 5.3.4 の管理区間 F における道路標示の場合、第 1 の 1km 区間には H-27 とは別に M-27 が存在する。損傷割合はラベリングの割合 27%の 50%で 13.5%となり、10% (100m)を超え 20% (200m)以下なので不適合区間数は 2 となる。補修閾値を超えるものは H-27 による 2 区間であり、管理目標を超えるものは H-27 による 2 区間と M-27 による 2 区間の 4 区間である。さらに第 2 の 1km 区間には M-23 による管理目標を超える 2 区間があり、管理区間 F における道路標示の管理目標を超える区間数は 6 となる。以上のように、表 5.3.4 に示した不適合区間数は特定の管理目標、補修閾値およびパフォーマンス基準を想定したものではない。わだち掘れが車輪通過位置における路面の変形を指すのに対し、ポットホールとラベリングは表層の崩壊を指しており発生位置も限定されない。ポットホールは突発的な下から上への崩壊であり、ラベリングは漸進的な下方への崩壊である。Compass が舗装路肩の特性として両者を区別していないこともあり(WisDOT, 2015)、維持管理ニーズの評価においては前者を後者で代用できると考えた。Fwa and Farhan (2012)はラベリングの程度(重度、中度、軽度)について定義していないが、オランダ新道路研究計画(SHRP-NL)では単位面積あたりの損失骨材の割合に基づいた同様の分類を用いている(Miradi, 2004)。また、ラベリングにより剥落した骨材が飛散し区画線・道路標示のパフォーマンスを低下させると考えられるため、ラベリングのデータに基づいて区画線・道路標示の評点を設定した。

表 5.3.4 ポットホールおよび区画線・道路標示の不適合区間数

管理区間		A	B	C	D	E	F
	ラベリングデータ	M-4 L-28	H-19 H-30	M-29 M-21	L-22 M-25	H-21 M-4	H-27 M-23
ポットホール	管理目標を超える	1	10	6	3	7	9
	補修閾値を超える	0	5	0	0	3	3
区画線	管理目標を超える	1	4	2	1	3	3
	補修閾値を超える	0	2	0	0	1	1
道路標示	管理目標を超える	1	6	4	2	5	6
	補修閾値を超える	0	3	0	0	2	2

注)ラベリングデータは延長 2km の管理区間を構成する 2 つの 1km 区間におけるデータである。不適合区間数は 1km 区間が延長 100m の区間により構成されているものとした上での損傷割合に対応した最小区間数である。



### 5.3.3 課題の検証結果

#### (1) 路面上の特性の一体的評価

##### a) 検証する課題

5.1節において個別機能に係る資産区分別 $PI$ を統合し全体 $PI$ を求める式(5.1.2)を提案したが、個別機能に係る各資産区分の重み係数は道路管理の実情に即して設定するものであり本研究では設定しないこととした。しかし、政策的判断の前提として技術的判断の拠り所が必要となる。附属物のうち区画線と道路標示は、実際の道路管理において舗装と補修時期を調整する必要があるように、舗装と区画線・道路標示の間には密接な関係がある。

ここでは、舗装と区画線・道路標示を路面上の特性として一体的に評価する場合に着目し、重み係数の設定にあたっての考え方について明らかにする。

##### b) 解析ケース

舗装4特性による $PI$ と附属物2特性による $PI$ を式(5.1.1)により求め式(5.1.2)により統合する(以下、「統合型評価」という。)ケース1および舗装と区画線・道路標示の特性を路面上6特性として式(5.1.1)により一体的に評価する(以下、「一体的評価」という。)ケース1aを設定した。両ケースとも管理目標を超えている区間により評点付けた。

舗装に係る変数の添え字を $p$ とし附属物に係る添え字を $a$ とした上で式(5.1.2)における機能 $i$ に係る資産区分 $j$ の重み係数 $W_{ij}$ の総和が1となる形に書き直せば、ケース1の $PI$ は次式で表すことができる。

$$PI_i = \alpha_i \sum_k R_{pk} W_{ipk} / \sum_k W_{ipk} + (1 - \alpha_i) \sum_l R_{al} W_{ial} / \sum_l W_{ial} \quad (5.3.1)$$

ここで、 $\alpha_i$ :機能 $i$ に係る舗装の重み係数、 $R_{pk}$ :舗装の特性 $k$ の評点、 $W_{ipk}$ :機能 $i$ に係る舗装の特性 $k$ の重み係数、 $R_{al}$ :附属物の特性 $l$ の評点、 $W_{ial}$ :機能 $i$ に係る附属物の特性 $l$ の重み係数。同様に、ケース1aの $PI$ は次式で表すことができる。

$$PI_i = \left( \sum_k R_{pk} W_{ipk} + \sum_l R_{al} W_{ial} \right) / \left( \sum_k W_{ipk} + \sum_l W_{ial} \right) \quad (5.3.2)$$

統合型評価による全体 $PI$ は各資産区分の重み係数に左右される。例えば、式(5.3.1)の $\alpha_i$ に大きな値を割り当てることにより舗装の $PI$ が重視され、全体 $PI$ による優先順位付けは舗装の $PI$ による優先順位付けの影響を大きく受けることになる。一方、一体的評価は舗装と区画線・道路標示が路面上の特性として一体的に評価できるとの観点によるものであり、資産区分の重みについては中立的であると言える。したがって、舗装の重み係数の設定にあたっては、両評価による $PI$ を等しいものにする $\alpha_i$ がベースラインとなる。式(5.3.1)と(5.3.2)が等しいとすることで、両ケースの $PI$ を等しくさせる舗装の重み係数 $\alpha_0$ は次式で得られる。

$$\alpha_{0i} = \sum_k W_{ipk} / \left( \sum_k W_{ipk} + \sum_l W_{ial} \right) \quad (5.3.3)$$

表 5.3.1 に示した路面上 6 特性の機能別重み係数を式(5.3.3)に代入すると、 $PI_{safety}$ に係る $\alpha_0$

は 0.57,  $PI_{comfort}$  に係る  $\alpha_0$  は 0.76 である. 統合の重み係数  $\alpha$  と  $\alpha_0$  との乖離が評価結果に与える影響を確認するために, 両機能ともケース 1 における統合の重み係数  $\alpha$  を 0.5 とした.

3.4 節で述べた米国諸州における MQA プログラムのうち機能を考慮しないものは, 資産区分に着目し, 特性等の評点と重みにより資産区分の評点を得た後に, 各資産区分の評点と重みにより全体の評点を得ている. フロリダ州の MRP は, 例えば地方部幹線道路において, 資産区分である舗装, 路側, 交通, 排水, 植生・美観の重みを 24%, 18%, 27%, 14%, 17% としている. テキサス州の TxMAP における資産区分の重みは舗装が 50%, 交通が 25%, 路側が 25% である. 舗装と附属物に係る複合的評価における舗装の重み係数  $\alpha$  に置き換えると, 前者は 0.47, 後者は 0.67 に相当する.

### c) 結果と考察

路面上の特性による  $PI$  と優先順位を表 5.3.5 に示す. 統合の重み係数  $\alpha$  と  $\alpha_0$  との乖離が比較的小さい  $PI_{safety}$  では一体的評価と統合型評価の結果が等しいが, 比較的大きい  $PI_{comfort}$  では結果に差異が生じている. 式(5.1.2)における各資産区分の重み係数が統合型評価の結果を左右することは自明であるが, ここで明らかにしたように, その設定にあたっては一体的評価と統合型評価の結果を等しくさせる重み係数がひとつの基準となり得る. ただし, この考え方が有効となるのは, 重み係数の設定で行ったように, 舗装と区画線・道路標示が路面上の特性として一体的に評価できるとの観点から両工種の特性の間で機能に対する貢献度を比較し, 区画線・道路標示の重み係数の定義域を舗装の定義域と整合させた上でその他の附属物の重み係数の定義域を定めた場合である.

表 5.3.5 路面上の特性による  $PI$  と優先順位

			A	B	C	D	E	F
$PI_{safety}$ ( $\alpha_0=0.57$ )	ケース 1	舗装 4 特性による	56.8	35.3	49.4	61.5	56.2	78.5
		附属物 2 特性による	95.0	77.7	87.7	93.8	82.7	81.5
		両者の統合( $\alpha=0.5$ )	75.9	56.5	68.6	77.7	69.4	80.0
		優先順位	4	1	2	5	3	6
	ケース 1a	路面上 6 特性による	73.3	53.7	66.0	75.5	67.7	79.8
		優先順位	4	1	2	5	3	6
$PI_{comfort}$ ( $\alpha_0=0.76$ )	ケース 1	舗装 4 特性による	81.3	68.8	76.3	82.5	76.3	76.9
		附属物 2 特性による	95.0	77.0	87.0	93.5	82.0	80.5
		両者の統合( $\alpha=0.5$ )	88.1	72.9	81.6	88.0	79.1	78.7
		優先順位	6	1	4	5	3	2
	ケース 1a	路面上 6 特性による	84.5	70.7	78.8	85.1	77.6	77.7
		優先順位	5	1	4	6	2	3

注) ケース間で順位差が生じたものを黄色で示す.

既に述べたように、個別機能に係る各資産区分の重み係数は道路管理の実情に即して設定するものであり本研究では設定しないこととした。機能別の複合指標に用いる施設特性と重み係数については技術的判断によるが、資産区分の重み係数は利用者満足度や管理方針を踏まえた政策的判断であると考えたからである。しかし、その前提として技術的判断の拠り所が必要となることも事実であろう。ここで用いた方法は政策的判断の前提として、ひとつの技術的指針を与えるものと考えられる。

資産区分の重み係数が統合型評価の結果に及ぼす影響を確認するために、表 5.3.6 に示すように、統合に用いる舗装の重み係数  $\alpha$  の値を変えた場合のパフォーマンス指数の値と順位を比較した。これに基づき、統合型評価の結果と一体的評価および資産区分別評価の結果に差異をもたらす  $\alpha$  の境界値を表 5.3.7 に示す。同表における  $PI_{comfort}$  に係る結果からは、 $\alpha$  と  $\alpha_0$  との乖離が比較的小さい領域では統合型評価と一体的評価の結果が等しく、 $\alpha$  の値が大きくなるにつれ両評価による順位に差が生じ、更には統合型評価による順位と舗装 4 特性による順位が一致する。これとは逆に、 $\alpha$  の値が小さくなるにつれ統合型評価による順位は附属物 2 特性による順位に近づく。一方、 $PI_{safety}$  の結果は  $\alpha$  が  $\alpha_0$  よりも小さい領域でも統合型評価の結果と舗装 4 特性による評価の結果が一致している。これは一体的評価による順位と舗装 4 特性による順位が一致していることを表しており、その原因は舗装 4 特性による  $PI_{safety}$  の水準が附属物 2 特性による  $PI_{safety}$  の水準を大きく下回ることにありとされる。資産区分の重み係数だけでなく資産区分別  $PI$  の水準が統合型評価の結果に影響を及ぼすことを確認できた。

表 5.3.6 資産区分の重み係数が統合型評価の結果に及ぼす影響

			$\alpha$	A	B	C	D	E	F		
$PI_{\text{safety}}$ ( $\alpha_0=0.57$ )	ケース 1	舗装 4 特性		56.76	35.29	49.41	61.47	56.18	78.53		
		順位		4	1	2	5	3	6		
		附属物 2 特性		95.00	77.69	87.69	93.85	82.69	81.54		
		順位		6	1	4	5	3	2		
				0.70	68.24	48.01	60.90	71.18	64.13	79.43	
					4	1	2	5	3	6	
				0.60	72.06	52.25	64.72	74.42	66.78	79.73	
					4	1	2	5	3	6	
		両者の統合		0.50	75.88	56.49	68.55	77.66	69.43	80.03	
		順位			4	1	2	5	3	6	
				0.45	77.79	58.61	70.47	79.28	70.76	80.18	
					4	1	2	5	3	6	
				0.40	79.71	60.73	72.38	80.90	72.09	80.33	
					4	1	3	6	2	5	
				0.30	83.53	64.97	76.21	84.13	74.74	80.64	
					5	1	3	6	2	4	
				0.20	87.35	69.21	80.04	87.37	77.39	80.94	
					5	1	3	6	2	4	
			0.10	91.18	73.45	83.86	90.61	80.04	81.24		
				6	1	4	5	2	3		
		0.05	93.09	75.57	85.78	92.23	81.37	81.39			
			6	1	4	5	2	3			
	ケース 1a	路面上 6 特性		73.33	53.67	66.00	75.50	67.67	79.83		
		順位		4	1	2	5	3	6		
$PI_{\text{comfort}}$ ( $\alpha_0=0.76$ )	ケース 1	舗装 4 特性		81.25	68.75	76.25	82.50	76.25	76.88		
		順位		5	1	2	6	2	4		
		附属物 2 特性		95.00	77.00	87.00	93.50	82.00	80.50		
		順位		6	1	4	5	3	2		
				0.95	81.94	69.16	76.79	83.05	76.54	77.06	
					5	1	3	6	2	4	
				0.90	82.63	69.58	77.33	83.60	76.83	77.24	
					5	1	4	6	2	3	
				0.80	84.00	70.40	78.40	84.70	77.40	77.60	
					5	1	4	6	2	3	
				0.75	84.69	70.81	78.94	85.25	77.69	77.78	
					5	1	4	6	2	3	
				0.70	85.38	71.23	79.48	85.80	77.98	77.96	
					5	1	4	6	3	2	
				0.60	86.75	72.05	80.55	86.90	78.55	78.33	
					5	1	4	6	3	2	
				0.55	87.44	72.46	81.09	87.45	78.84	78.51	
					5	1	4	6	3	2	
			両者の統合		0.50	88.13	72.88	81.63	88.00	79.13	78.69
			順位			6	1	4	5	3	2
	ケース 1a	路面上 6 特性		84.52	70.71	78.81	85.12	77.62	77.74		
		順位			5	1	4	6	2	3	

表5.3.7 統合型評価と一体的評価および資産区分別評価の結果に差異をもたらす $\alpha$ の境界値

		PI <sub>safety</sub>		PI <sub>comfort</sub>	
PI	舗装4特性:最大値-最小値	78.53-35.29		82.50-68.75	
	附属物2特性:最大値-最小値	95.00-77.69		95.00-77.00	
$\alpha$	統合型と舗装の一致:下限値	0.45-0.40	0.79-0.70	0.95以上	1.25以上
	統合型と一体的の不一致:下限値	0.45-0.40	0.79-0.70	0.95-0.90	1.25-1.18
	統合型と一体的の一致: $\alpha_0$	0.57	1.00	0.76	1.00
	統合型と一体的の不一致:上限値	0.45-0.40	0.79-0.70	0.75-0.70	0.99-0.92
	統合型と附属物の一致:上限値	0.05以下	0.09以下	0.60-0.55	0.79-0.72

注)機能別の $\alpha$ の値の右列は $\alpha_0$ を1.00として尺度化したものである。

## (2) 対症的維持の実施方針と管理目標の設定方針

### a) 検証する課題

本研究で対象とするHRIFの維持管理は対症的維持を中心としたものとなり、ネットワーク全体に存在するHRIFの日常点検は目視評価や体感評価を前提として考える必要がある。3.4節で考察したように、指標の閾値として、補修閾値と補修閾値より厳しい管理目標による段階的基準を採用する。機能の水準が相対的に低い区間の供用性回復を優先するという管理方針の下で、補修閾値を超えた施設には対症的維持を実施し、管理目標を超えた施設は次期以降の供用性回復を基本としつつも当期予算の範囲内で予防的維持の優先順位付けを行うことが可能となる。管理目標をパフォーマンス基準の閾値とする場合、不適合と選別された施設については個別に再調査を行い、対症的維持の要否を補修閾値に基づき判断する必要がある。対症的維持の実施方針としては、補修閾値超過区間の補修閾値超過部分のみに対し実施する場合と施工効率を優先し補修閾値超過部分に隣接する管理目標超過部分に対しても実施する場合が想定される。

ここでは、対症的維持の実施方針に応じた優先順位の考え方と対症的維持に係る再調査のための不良区間選別を目的とした管理目標の設定方針について明らかにする。

### b) 解析ケース

管理目標を超えている区間により評点付けするケース 1、補修閾値を超えている区間により評点付けするケース 2、管理目標を超え補修閾値以下の区間により評点付けするケース 3 を設定した。さらに管理目標の設定方針が結果に及ぼす影響を確認するために、補修閾値との差分の小さな管理目標を用いたケース 1b も設定した。ケース別の不適合の考え方をわだち掘れを例として表 5.3.8 に示す。対症的維持は補修閾値超過区間の補修閾値超過部分に対し実施するものであるが、ケース 3 は補修閾値超過区間における対症的維持を施工効率等の理由から管理目標超過部分に対しても実施した場合を想定しており、補修閾値超過区間を適合区間に置き換えている。

表5.3.8 ケース別の不適合の考え方(わだち掘れを例として)

管理区間		管理区間の評点は当該区間を構成する評価単位区間の基準内率																			
評価単位区間(区間)		101					102					103					104				
測定要素(部分)		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
わだち掘れ量 (mm)	管理目標30																				
	管理目標35																				
	補修閾値40																				
	区間最大値(mm)	43					43					38					33				
ケース1(30<x)		不適合					不適合					不適合					不適合				
ケース2(40<x)		不適合					不適合														
ケース3(30<x≤40)												不適合					不適合				
ケース1b(35<x)		不適合					不適合					不適合									

注)棒グラフは各区間における5部分のわだち掘れ量を表す。各区間の適合・不適合は区間最大値により決定される。対症的維持を補修閾値超過区間の補修閾値超過部分のみに対し実施する場合、区間102には管理目標超過部分2および4が残る。ケース3は、補修閾値超過区間における対症的維持を施工効率等の理由から管理目標超過部分に対しても実施した場合を想定しており、区間101および102に管理目標超過部分は残らない。

対症的維持を含め実際の供用性回復は工種毎になされることから、舗装 4 特性(ひび割れ, わだち掘れ, 縦断凹凸, ポットホール)に着目することとし附属物 2 工種(区画線, 道路標示)には着目しなかった。舗装 3 特性については、管理目標(C:30%, D:30mm,  $\sigma$ :5mm)および補修閾値(C:40%, D:40mm,  $\sigma$ :6mm)が明らかになっている。ケース 1b で用いる管理目標は補修閾値との差分の小さなもの(C:35%, D:35mm,  $\sigma$ :5.5mm)とした。管理目標を変更することにより、管理目標を超え補修閾値以下の区間数は舗装 3 特性合計で 44 から 22 に減少する。ポットホールの不適合区間数を設定し直すために、舗装 3 特性の減少率 50%をラベリングデータの M に係る損傷割合に適用した。例えば表 5.3.4 の管理区間 F における第 2 区間のラベリングデータ M-23 は M-12 となる。また、第 1 区間の H-27 は変わらず補修閾値を超える区間数も変わらないが、第 1 区間に H-27 とは別に存在するとした M-27 は M-14 となる。ケース 1b 用に設定し直したポットホールの不適合区間数を表 5.3.9 に示す。

表 5.3.9 ケース 1b 用に設定し直したポットホールの不適合区間数

管理区間		A	B	C	D	E	F
	ラベリングデータ	M-2 L-28	H-19 H-30	M-15 M-11	L-22 M-13	H-21 M-2	H-27 M-12
	ポットホール	管理目標を超える	1	8	4	2	6
	補修閾値を超える	0	5	0	0	3	3

注)表 5.3.4 に対し、ラベリングデータの M に係る損傷割合を半減させている。H 由来の M に係る損傷割合も半減させている。

c) 結果と考察

舗装 4 特性による  $PI$  と優先順位を表 5.3.10 に示す. ケース 2 における管理区間 A と C の間で両  $PI$  の値が一致しているのは舗装 4 特性の評点が一致していることによる. ケース 2 における管理区間 E と F の間で  $PI_{safety}$  の値が一致しているのはわだち掘れとポットホールの評点が一致していることによる. ケース 1 における管理区間 C と E, ケース 2 における管理区間 D と E, ケース 1b における管理区間 A と E の間で  $PI_{comfort}$  の値が一致しているが, 2 特性の評点の一致によるものではない.

表 5.3.10 舗装 4 特性による  $PI$  と優先順位

			A	B	C	D	E	F
$PI_{safety}$	ケース 1	値	56.8	35.3	49.4	61.5	56.2	78.5
		順位	4	1	2	5	3	6
	ケース 2	値	73.5	66.2	73.5	91.2	93.8	93.8
		順位	2	1	2	4	5	5
	ケース 3	値	83.2	69.1	75.9	70.3	62.4	84.7
		順位	5	2	4	3	1	6
	ケース 1b	値	68.5	48.2	59.4	75.3	72.9	85.6
		順位	3	1	2	5	4	6
$PI_{comfort}$	ケース 1	値	81.3	68.8	76.3	82.5	76.3	76.9
		順位	5	1	2	6	2	4
	ケース 2	値	88.8	83.8	88.8	96.3	96.3	93.4
		順位	2	1	2	5	5	4
	ケース 3	値	92.5	85.0	87.5	86.3	80.0	83.4
		順位	6	3	5	4	1	2
	ケース 1b	値	86.3	75.0	81.3	88.8	86.3	81.6
		順位	4	1	2	6	4	3

注) ケース 2 との間に 2 以上の順位差が生じたものを黄色で示す.

緊急性の高い対症的維持を必要とする補修閾値超過区間の観点からの優先順位付けを可能にするケース 2 が最も重要であるが, 目視評価や体感評価を前提とした日常点検の精度では, 詳細点検のための不良区間の選別と優先順位付けを行うケース 1 が限界である. 管理目標を超えている区間数による評点付けに基づくケース 1 の優先順位付けとケース 2 の優先順位付けは必ずしも一致するものではないが, 管理目標によるスクリーニングを経て, 補修閾値による詳細点検に基づき対症的維持実施箇所を決定することが現実的であろう. すなわち, 管理目標による優先順位付けにより対症的維持の優先順位が支配される.

ケース 3 は, 補修閾値超過区間の管理目標超過部分の供用性回復を実施してもなお当期予算に余裕がある場合の予防的維持に係る優先順位である. その結果とケース 1 および 2 の結果との間には関連性を見いだせない. 補修閾値超過区間の管理目標超過部分の供用性

回復を終えた時点で予防的時を検討する費用と時間の余裕があるとすれば、対症的維持を拡大する方向での補修閾値の見直しを検討するべきであろう。費用と時間の観点から対症的維持を区間の補修閾値超過部分のみに対し実施する場合、補修閾値超過区間に管理目標超過部分が残る。この場合、他の区間も含め予防的維持を採用する管理方針は考えにくい。なお、その選別と優先順位付けは道路管理の現場では可能であるが、各評価単位区間における代表値だけを与えられた本検証では確認できない。

補修閾値との差分の小さな管理目標を用いたケース 1b はケース 1 よりもケース 2 に対する近似性が向上している。対症的維持に係る再調査のために不良区間の選別を行うのであれば補修閾値に近い管理目標とするべきであるが、差分が小さ過ぎると補修閾値超過区間の選別漏れの危険性も生じる。次期に補修閾値を超えると予想される特性値を管理目標とすれば、次期の対症的維持を最小化する方向で予防的維持の優先順位付けを行うことが可能となる。

### (3) 評点付けの方法による相違

#### a) 検証する課題

評点化の方法については5.1節において述べたように、補修閾値による正規化から得られる評点と、パフォーマンス基準と評点基準による基準内率から得られる評点とでは意味するものが異なるため、両者による評価結果も自ずと異なったものとなる。5.2節における舗装の多特性に係る複合的評価では正規化を用いたのに対し、本節における舗装と附属物に係る複合的評価では評点基準による基準内率を用いた。これは、パフォーマンス基準が定量的かつ詳細に規定してあることを前提に附属物の施設特性として所期の機能を有する等の定性的かつ包括的なものを用い、評点として基準内率を用いるMQAの方法に倣ったためである。舗装についても附属物の評点化と同じ方法を用いるため、その評点と評価結果は正規化によるものと異なる。

ここでは、舗装3特性に着目し、評点付けを評点基準による場合と正規化による場合の評価結果の相違について明らかにする。

#### b) 解析ケース

補修閾値を超えている区間数により評点付けするケース 2b と 2c および補修閾値を考慮した正規化により評点付けするケース 4 と 4c を設定した。ただし、ケース 2b のわだち掘れには最大わだち掘れ量を用い、ケース 2c のわだち掘れには平均わだち掘れ量を用いた。ケース 4 では評価単位区間  $PI$  を解析区間で平均したものを解析区間  $PI$  とし、ケース 4c では特性値の解析区間平均値から解析区間  $PI$  を算出した。

評価単位区間データが存在する舗装 3 特性を用い、ポットホールに係るデータが不在でも複数の特性が関係する舗装の  $PI_{comfort}$  に着目した。

特性値の正規化は、式(5.1.4)における  $H$  として 100 を用いた次式によった。



$$R(x) = \begin{cases} 0 & x \geq x_1 \\ 100(x_1 - x)/x_1 & 0 \leq x \leq x_1 \\ 100 & x \leq 0 \end{cases} \quad (5.3.1)$$

ここで、 $x$ :特性値、 $R(x)$ :正規化された $x$ 、 $x_1$ : $x$ の補修閾値.

### c) 結果と考察

舗装3特性によるPIと優先順位を表5.3.11に示す. ケース2bにおける管理区間AとC, ケース2cにおける管理区間AとBおよびDとEの間でPIの値が一致しているのは舗装3特性の評点が一致していることによる.

表 5.3.11 舗装3特性によるPIと優先順位

		評点化		A	B	C	D	E	F
PI <sub>comfort</sub>	基準内率	ケース2b	値	85.0	86.7	85.0	95.0	100.0	96.3
			順位	1	3	1	4	6	5
		ケース2c	値	91.7	91.7	95.0	100.0	100.0	96.3
			順位	1	1	3	5	5	4
	正規化	ケース4	値	60.4	59.5	59.1	58.7	54.2	51.5
			順位	6	5	4	3	2	1
		ケース4c	値	59.5	57.8	58.4	58.7	54.2	51.1
			順位	6	3	4	5	2	1

注) ケース2cとケース4との間で2以上の順位差が生じたものを黄色で示す.

評点基準によるケース2bおよび2cと正規化によるケース4および4cは、優先順位付けの結果だけでなくPIの水準も異なる. 両方法とも補修閾値を超える区間に対しては、不適合区間とみなすか評点に0を割り当てるかの違いはあっても、特性値の大小に関わらず一律の操作を行う. 一方、補修閾値以下の区間については、評点基準が一律に適合区間と見なすのに対し、正規化は特性値の大小に応じて割り引いた評点付けを行う. この違いが両方法の結果を異にした理由であると考えられる. 以上のことから両方法の間での代替性が低いことは確認できたが、正規化で用いる区間平均値を得るための定期点検等において区間最大値が確認される事実は、評点基準による評点付けを伴うPIの実用化に有利である. 日常点検においては閾値超過の観点から区間最大値に着目した目視による調査を行い、定期点検等の測定結果を用いてデータの時点修正と方法の校正を行うことが可能となる.

評価の目的に応じた両方法の得失を明らかにするために、表5.3.11の基礎となった評点を表5.3.12に示す.  $PWL(C)$ からは管理区間Fに補修閾値超過部分が存在することがわかるが、区間平均値(C)からは管理区間Fの値が他の区間よりも大きいことはわかるものの補修閾値超過部分の有無についてはわからない. 同様に、 $PWL(D)$ が明らかにする管理区間A, B, Cにおける補修閾値超過部分の存在も区間平均値(D)は明らかにできない. このことは、補修閾値に基づき判断される対症的維持の必要性および優先順位の評価の目的では区間平均値およ

び正規化による評点を適用できないことを示している。一方、縦断凹凸については全区間で補修閾値が存在しないため  $PWL(\sigma)$  は全区間で等しくなるが、 $R(\sigma)$  は区間平均値( $\sigma$ )に応じ異なる値をとる。縦断凹凸は  $PI_{comfort}$  に対する重み係数が最大であるため、 $R(\sigma)$  の大小関係が  $PI_{comfort}$  の大小関係を左右している。

表 5.3.12 ケース 2c および 4c に係る区間の特性値・評点・PI

	管理区間	A	B	C	D	E	F
ケース 2c	区間の $PWL(C)$	100	100	100	100	100	85
	区間の $PWL(D)$	75	75	85	100	100	100
	区間の $PWL(\sigma)$	100	100	100	100	100	100
	$PI_{comfort}$	91.7	91.7	95.0	100.0	100.0	96.3
	優先順位	1	1	3	5	5	4
ケース 4c	区間平均値(C)	1.0	1.4	0.7	2.7	10.4	25.2
	区間平均値(D)	31.8	33.6	31.7	26.8	25.2	15.7
	区間平均値( $\sigma$ )	1.9	1.9	2.1	2.5	2.6	2.9
	区間の $R(C)$	97.5	96.6	98.4	93.3	74.0	36.9
	区間の $R(D)$	20.6	16.1	20.8	33.1	37.1	60.9
	区間の $R(\sigma)$	67.8	67.9	64.5	58.5	56.1	51.8
	$R(C)*0.6/2.4$	24.4	24.1	24.6	23.3	18.5	9.2
	$R(D)*0.8/2.4$	6.9	5.4	6.9	11.0	12.4	20.3
	$R(\sigma)*1.0/2.4$	28.3	28.3	26.9	24.4	23.4	21.6
	$PI_{comfort}$	59.5	57.8	58.4	58.7	54.2	51.1
	優先順位	6	3	4	5	2	1

注)  $PWL(x)$ :  $x$  の基準内率 (Percent Within Limit).  $R(x)$ : 正規化された  $x$ .

## 5.4 第5章のまとめ

5.1 節では、5.2 節(テーマ C)と 5.3 節(テーマ D)に共通するパフォーマンス指数(Performance Index: PI)の算出方法と両テーマで検証すべき課題について述べた。日本での算出方法の検討にあたっては、EU および米国 MQA の評点化と重み付けの方法を参考にした。

PI は、工種と特性の多種性および機能に対するその複合的効果を考慮した複合指標であり、評点化した特性を機能に対する重要性を勘案して統合したものとして定義した。評点化の方法として、補修閾値による正規化およびパフォーマンス基準と評点基準による基準内率の2種類を用いた。道路の多機能性と舗装の特性および附属物の工種の多種性を同時に勘案した MQA 事例は存在しないが、対象とした項目には共通するものも多い。この共通性を踏まえて、対象とする資産区分は舗装と附属物とした。舗装の工種はアスファルト舗装とし、附属物の工種は防護柵、案内標識、規制・警戒標識、区画線、道路標示とした。舗装に係る機能は安全、快適、保全としたが、附属物は保全への貢献が小さいと考えられるため、舗装と附属物に共通する機能は安全と快適の2つとした。舗装の施設特性は工種がアスファルト舗装だけであるため路面4特性としたが、附属物は工種が多数であるため、米国における MQA 事例に倣い、施設特性として所期の機能を用いた。

舗装に係る重み係数については、EU が提案している機能別の路面特性と重み係数および道路種別別の機能と重み係数から選定した。附属物の工種については重み係数を明記した事例が存在しないため、工種が機能に与える影響の程度(major, medium, minor)に応じた3段階の重み係数(0.33, 0.22, 0.11)を用いた Austroads の事例に倣った。さらに、ウィスコンシン州の Compass における LOS 等級付け基準によれば、中央線と規制・警戒標識が決定的安全に貢献し、外側線・防護柵・案内標識・道路標示が安全・移動性に貢献することに注目した。舗装と区画線・道路標示が路面上の特性として一体的に評価できるとの観点から両工種の特性の間で機能に対する貢献度を比較し、区画線・道路標示の重み係数の定義域を舗装の定義域と整合させた上でその他の附属物の重み係数の定義域を定めた。

5.2 節では、テーマ C「機能の観点からの予算配分の優先順位付け」として、舗装3特性(ひび割れ、わだち掘れ、縦断凹凸)による複合的評価を行った。舗装のネットワークレベルでの測定データの整備状況を考慮したものであり、ひび割れ率 C、わだち掘れ量 D、平坦性  $\sigma$  を用いた。D は区間平均値であるため、評点化には補修閾値による正規化を用いた。維持管理指数(Maintenance Control Index: MCI)とパフォーマンス指数(PI)の相関すなわち PI による補完性を検証した上で、路面特性値の課題と評点化された路面特性値の補完能力、重み付けの影響、管理区間長の影響を確認した。

本テーマで得られた知見と提案は以下のとおりである。

- 1) MCI と PI の相関を最大ならしめる重み係数を用いた場合、自由度調整済み決定係数  $R^2$

は0.87を超える。この場合、MCIによる判断基準「5以上であれば望ましい管理水準、4以下であれば修繕が必要、3以下であれば早急に修繕が必要」に相当するPIの管理基準は「7以上:望ましい管理水準、6以下:管理目標、5以下:補修閾値」となる。

- 2) 補修閾値を用いて正規化された路面特性値は、補修が必要となる状態を表す補修閾値までの余裕を意味するため、路面特性間の比較が可能である。正規化された路面特性値は情報公開と透明性の確保に資する一方で、正規化の結果次第では施設の健全性が低く危険であるという誤解を与えかねないという認識も必要である。
- 3) 機能、路面特性および重み付けを道路管理の実情に即して設定できる。機能別の複合指標に用いる路面特性と重み付けについては、技術的判断の拠り所として全国共通のものとするべきである。同じ序数評価でも基数評価が異なる重み係数を用いれば評価結果が変動する可能性がある。
- 4) PIにより管理区間間の優先順位付けが可能となる。総合PIによる総合的評価だけでなく機能別PIによる個別的評価が重要である。
- 5) ネットワークレベルで管理区間間の比較をする場合、比較すべき区間間の差異が評価区間の統合により認知されなくなる可能性がある。中間アウトカムであるPIと最終アウトカムとの関係を分析する場合には、前者の評価区間の延長を後者のそれ以下に設定する必要がある。

複合指標であるPIの有用性を高めるために、いくつかの課題が残されている。第1に、ポットホールが発生データを取得し記録することが必要である。道路の安全性に寄与する路面特性であるポットホールとすべり抵抗は測定データがネットワークレベルで整備されていない。すべり抵抗については測定にあたり専用機材を必要とする。ポットホールについて、日常点検において通常走行を行いながら情報を取得する方法の確立が必要となる。第2に、路面特性のパフォーマンスカーブに基づく正規化方法の検討が必要である。同時に、正規化を左右する補修閾値には、工学的根拠をわかりやすく説明できるだけでなく、路面特性間での思想の整合性が求められる。第3に、機能の観点からの複合的評価の対象に舗装以外の施設を加える必要がある。道路標識、区画線、防護柵等の附属物は、舗装とともに道路利用者と道路の接点となる施設として、運転や歩行等の道路利用に必要となるサービスを道路利用者に提供している。施設の構造と幾何学的配列が施設種類により異なることを踏まえた評価技術が必要となる。

5.3節では、テーマD「機能の観点からの事業実施の優先順位付け」として、舗装4特性(ひび割れ、わだち掘れ、縦断凹凸、ポットホール)と附属物2工種(区画線、道路標示)による複合的評価を行った。対象区間が比較的短い場合に附属物に係る測定データが整備されている可能性を考慮したものである。附属物を対象とするため、評点化にはパフォーマンス基準と評点基準による基準内率(PWL)を用いた。したがって、わだち掘れ量には区間平均値Dではなく区間最大値を用いた。舗装と区画線・道路標示を路面上の特性として一体的に評価する

ことで、舗装と附属物の資産区分の重み係数に係る技術的指針を提供した。さらに、対症的維持の実施方針(点検と措置)と管理目標の設定方針の影響、評点付けをPWLによる場合と正規化による場合の評価結果の相違を確認した。

本テーマで得られた知見と提案は以下のとおりである。

- 1) 舗装と区画線・道路標示が路面上の特性として一体的に評価できるとの観点から両工種の特性の間で機能に対する貢献度を比較し、区画線・道路標示の重み係数の定義域を舗装の定義域と整合させた上でその他の附属物の重み係数の定義域を定める。これにより、一体的評価と統合型評価の結果を等しくさせる重み係数が各資産区分の重み係数の設定にあたってのひとつの基準となり得る。
- 2) パフォーマンス基準と評点基準による基準内率は多様な施設特性間での比較を可能にし、複合指標であるPIは多工種のHRIFで構成される道路区間の維持管理ニーズを機能の観点から評価するために有用である。
- 3) 限られた予算で迅速な供用性回復を目指す道路管理においては、日常点検を通じた補修閾値よりも厳しい管理目標を超えている区間数による評点付けが有用である。不適合と選別された施設については再調査を行い対症的維持の要否を補修閾値に基づき判断する必要がある。次期に補修閾値を超えると予想される特性値を管理目標とすれば、次期の対症的維持を最小化する方向で予防的維持の優先順位付けを行うことが可能となる。
- 4) 補修閾値による正規化から得られる評点と、パフォーマンス基準と評点基準によるPWLから得られる評点とは意味するものが異なるため、両方法の間での代替性は低い。基準内率による評点付けを伴うPIで用いる区間最大値は、区間平均値を得るための定期点検等において確認される。日常点検においては閾値超過の観点から区間最大値に着目した目視による調査を行い、定期点検等の測定結果を用いてデータの時点修正と方法の校正を行うことが可能となる。

複合指標であるPIの有用性を高めるために、いくつかの課題が残されている。第1に、ポットホールが発生および附属物のパフォーマンスに係るデータを取得し記録することが必要である。ポットホールの面積と深さのように走行車両からの目視によっても概ね確認できる指標を用いたパフォーマンス基準を設定し、日常点検において通常走行を行いながら情報を取得する方法を確立する。対症的維持の要否判断のための再調査に係る候補区間の選別に求められる精度であれば可能であると考えられる。第2に、個々の施設特性についてパフォーマンスカーブに基づく管理目標の検討が必要である。遅滞が許されない対症的維持を確実に実施するためには予算確保が必須であり、次期に補修閾値を超えることが予想される特性値の解明は対症的維持を要する施設数量の予測を可能にする。第3に、供用中の補助幹線道路におけるデータを用いてPIの有用性を確認する必要がある。対症的維持を中心としたHRIFの管理方針が採用されるのは主要幹線道路よりも補助幹線道路であり、路面上の特性の一体的評価は中央帯を設けていない道路においてより重要となる。

## 参考文献

Asano, M. and Tokunaga, R. A.: The Possibility of Implementing the Management Cycle of Winter Maintenance by Performance Measurement, Surface Transportation Weather and Snow Removal and Ice Control Technology, Transportation Research Circular, E-C126, Transportation Research Board of the National Academies, pp. 499–511, 2008.

Austrroads: Network Performance Indicators—Next Generation, 2011.

Bai, Q., Labi, S. and Li, Z.: Trade-off Analysis Methodology for Asset Management, Publication FHWA/IN/JTRP-2008/31, Joint Transportation Research Program, Indiana Department of Transportation and Purdue University, West Lafayette, Indiana, 2008.

EU: The way forward for pavement performance indicators across Europe, COST Action 354 Performance Indicators for Road Pavements, 2008.

Fwa, T. and Farhan, J.: Optimal Multiasset Maintenance Budget Allocation in Highway Asset Management, *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 138, No. 10, pp. 1179–1187, 2012.

Hyman, W.: Guide for Customer-Driven Benchmarking of Maintenance Activities, NCHRP Report 511, Transportation Research Board of the National Academies, 2004.

Miradi, M.: Development of Artificial Neural Network (ANN) Models for Ravelling, Proceedings of the Fourth International Conference on Engineering Computational Technology, Paper 141, 2004.

OECD: Handbook on Constructing Composite Indicators—Methodology and User Guide, 2008.

Wisconsin Department of Transportation (WisDOT): Compass Rating Manual (Rating Manual. Compass Sum. 2015), 2015.

上野慎一郎:都道における IRI(国際ラフネス指数)に関する調査,平成 26 年度都土木技術支援・人材育成センター年報, pp. 73–84, 2014.

久保和幸,寺田剛,綾部孝之:舗装路面の性能評価法に関する研究,平成 17 年度土木研究所成果報告書, pp. 1117–1128, 2006.

建設省土木研究所道路部舗装研究室:アスファルト舗装の構造設計に関する検討報告書,土木研究所資料,第 3041 号,1991.

国土交通省道路局:総点検実施要領(案)【舗装編】参考資料,2013.

日本道路協会:道路維持修繕要綱,1978.

半野久光,大久保高秀:首都高速道路における舗装補修の現況と課題,アスファルト, Vol. 50, No. 222, pp. 31–38, 2007.

舟橋弥生:直轄国道の舗装における「予防的修繕」工法の導入について,舗装, Vol. 41, No. 10, pp. 22–26, 2006.

## 第6章 結論

### 6.1 本研究の成果

第1章において、本研究の目的は、業務執行段階に着目し業務執行効率の向上に資する業務手順の見直しを提案すること、および計画策定段階に着目し事業実施効果の向上に資する優先順位付けを提案することとした。第2章において、業務執行効率の向上を目指すのであれば、道路管理者のパフォーマンスすなわち維持管理業務の進め方を見直すために道路利用者の視点が不可欠であるとした。また、事業実施効果の向上を目指すのであれば、道路のパフォーマンスすなわち維持管理ニーズの評価と優先順位付けのために機能の観点が必要不可欠であるとした。

第3章において、道路の維持管理に係る国際的な動向を分析するために、新公共経営、業績評価、性能規定、複合指標に係る文献レビューを行った。動向分析を踏まえ、道路の維持管理に係るマネジメントサイクルの分析モデルとして適当な基本モデルを明らかにした。基本モデルは、機能の観点からの維持管理の水準を中間アウトカムにより評価し得る道路、道路のパフォーマンスと道路管理者のパフォーマンスを評価する道路利用者、および企画部局と実施部局の2層構造の道路管理者よりなる。また、本研究における研究テーマの具体化のための手順の一部であるだけでなく、広く道路行政の進め方に係る研究のパースペクティブとして方法論的意義をもつ。基本モデルを前提として、維持管理における2段階(業務執行段階、計画策定段階)と道路管理者の2層構造(企画部局、実施部局)を軸とした枠組みを用いて、本研究の目的を研究テーマとして具体化した。

第4章「効率の向上に資する維持管理の業務手順の見直し」において、業務執行段階に着目した2テーマについて論じた。

4.1節では、テーマA「修繕予算配分の公平性と点検の省力化」として、各管理区間における診断区分Ⅲ(修繕段階)の施設数量により按分することで修繕予算の配分比を決定する方法を提案するとともに、区分Ⅲの比率を不良率(Percent Defective: PD)と呼び、舗装点検要領の下での点検方法の多様化に対応した管理区間PDの算出方法を明らかにした。具体的には、評点化の方法(変量法、属性法)と点検手法(機器を用いた手法、目視による診断と延長測定、目視による診断のみ)により決まる評価単位区間データ(複数の測定データ、PD、基準内・不良の別)について、調査と推定の方法(全数調査、点推定、区間推定)に応じた算出方法を整理した。その上で、点検方法の選択にあたり根拠となり得る技術的知見を提供するため、主要幹線道路における既存の実測データを用いた適用事例を通じて、算出方法が管理区間PDと予算配分比に及ぼす影響を実証的に分析した。

簡単のために管理区間の施設数量が延長で表され、かつ比較対象である全管理区間の延長が等しいものとして、施設数量ベースの修繕ニーズを管理区間PDで代替し、管理区間PDに基づく予算配分比を用いた結果、本テーマで得られた知見は以下のとおりである。1) 管理

区間 PD の比較は評点化の方法を共有する群において有効であり、群を越えた比較は適当でない。管理区間 PD に基づく予算配分比については評点化の方法による差は小さい。2) 標本調査は不良区間が多い道路への適用が有効である。区間推定では信頼区間上限値に着目することにより、標本に管理区間の不良区間が含まれず点推定による管理区間 PD が 0 となった場合でも、属性法と複数の測定データを用いる変量法による管理区間 PD は 0 とならない。3) 修繕と補修の予算費目を分ける際に必要のように両措置に係るニーズを分離するためには、管理区間について三分法的な評価を行う必要がある。機器を用いた手法の場合は 1 回の点検により可能である当該評価が、目視点検の場合は 2 回の点検を必要とする。目視点検のうち目視による診断のみの場合は評価に反映されない部分が存在する。

4.2 節では、テーマ B「効率化の目的に応じた業務手順見直しの観点」として、性能規定型維持管理契約 (Performance-Based Maintenance Contract: PBMC) 等の海外事例を対象に、外部委託における実施効果と契約を構成する概念との関係を分析した。当該関係は、維持管理の改善目的と目的達成のための観点との関係として道路管理者への内部化が可能であり、業務の進め方の見直しに有用なものとなる。

本テーマで得られた知見と提案は以下のとおりである。1) PBMC 等を構成する概念は性能規定、性能保証、包括化、連続化、長期化の 5 つであり、PBMC 等の実施効果は維持費用の縮減、契約業務の軽減、検査業務の軽減、施設状態の向上、利用者対応の向上の 5 つである。2) 性能規定の概念の導入により契約業務の軽減および利用者対応の向上が見られる。性能保証の概念の導入により検査業務の軽減と施設状態の向上が見られる。連続化の導入により契約業務の軽減および施設状態の向上が見られ、長期化の導入により契約業務の軽減が見られる。包括化は現在の公共調達に導入可能であり、その導入により契約業務の軽減および検査業務の軽減が期待できる。3) 道路のパフォーマンスである施設状態の向上のためには、性能保証の観点と連続化の観点が重要である。道路管理者のパフォーマンスである利用者対応の向上のためには、性能規定の観点が重要である。4) 維持管理業務の進め方を継続的に見直し、業務効率を向上させるためには、目標と計画の見直しだけでなく業務手順を見直す機能をマネジメントサイクル (PDCA サイクル) に組み込む必要がある。

第 5 章「効果の向上に資する維持管理の優先順位付け」において、計画策定段階に着目した 2 テーマについて論じた。

5.1 節では、5.2 節 (テーマ C) と 5.3 節 (テーマ D) に共通する PI の算出方法を提案した。PI は、工種と特性の多種性および機能に対するその複合的効果を考慮した複合指標であり、評点化した特性を機能に対する重要性を勘案して統合したものとして定義した。評点化の方法として、補修閾値による正規化およびパフォーマンス基準と評点基準による基準内率 (Percent Within Limit: PWL) の 2 種類を用いた。対象とする資産区分は舗装と附属物とした。舗装の工種はアスファルト舗装とし、附属物の工種は防護柵、案内標識、規制・警戒標識、区画線、道路標示とした。舗装に係る機能は安全、快適、保全としたが、附属物は保全への貢献が小さいと考えられるため、舗装と附属物に共通する機能は安全と快適の 2 つとした。舗装に係る重



み係数については、EU が提案している機能別の路面特性と重み係数および道路種別別の機能と重み係数から選定した。附属物の工種に係る重み係数については、舗装と区画線・道路標示が路面上の特性として一体的に評価できるとの観点から両工種の特性の間で機能に対する貢献度を比較し、区画線・道路標示の重み係数の定義域を舗装の定義域と整合させた上でその他の附属物の重み係数の定義域を定めた。舗装に係るPIと附属物に係るPIを統合し全体のPIを得る際に用いる両資産区分の重み係数は、道路管理の実情に即して政策的に設定されるものとした。

5.2節では、テーマC「機能の観点からの予算配分の優先順位付け」として、舗装3特性(ひび割れ、わだち掘れ、縦断凹凸)による複合的評価を行った。舗装のネットワークレベルでの測定データの整備状況を考慮したものであり、ひび割れ率C、わだち掘れ量D、平たん性 $\sigma$ を用いた。Dは区間平均値であるため、評点化には補修閾値による正規化を用いた。MCIとPIの相関すなわちPIによる補完性を検証した上で、路面特性値の課題と評点化された路面特性値の補完能力、重み付けの影響、管理区間長の影響を確認した。

本テーマで得られた知見と提案は以下のとおりである。1) MCIとPIの相関を最大ならしめる重み係数を用いた場合、自由度調整済み決定係数 $R^2$ は0.87を超える。この場合、MCIによる判断基準「5以上であれば望ましい管理水準、4以下であれば修繕が必要、3以下であれば早急に修繕が必要」に相当するPIの管理基準は「7以上:望ましい管理水準、6以下:管理目標、5以下:補修閾値」となる。2) 補修閾値を用いて正規化された路面特性値は、補修が必要となる状態を表す補修閾値までの余裕を意味するため、路面特性間の比較が可能である。3) 機能、路面特性および重み付けを道路管理の実情に即して設定できる。同じ序数評価でも基数評価が異なる重み係数を用いれば評価結果が変動する可能性がある。4) PIにより管理区間間の優先順位付けが可能となる。総合PIによる総合的評価だけでなく機能別PIによる個別的评价が重要である。5) ネットワークレベルで管理区間間の比較をする場合、比較すべき区間間の差異が評価区間の統合により認知されなくなる可能性がある。

5.3節では、テーマD「機能の観点からの事業実施の優先順位付け」として、舗装4特性(ひび割れ、わだち掘れ、縦断凹凸、ポットホール)と附属物2工種(区画線、道路標示)による複合的評価を行った。対象区間が比較的短い場合に附属物に係る測定データが整備されている可能性を考慮したものである。附属物を対象とするため、評点化にはPWLを用いた。したがって、わだち掘れ量には区間平均値Dでなく区間最大値を用いた。舗装と区画線・道路標示を路面上の特性として一体的に評価することで、舗装と附属物の資産区分の重み係数に係る技術的指針を提供した。さらに、対症的維持の実施方針(点検と措置)と管理目標の設定方針の影響、評点付けをPWLによる場合と正規化による場合の評価結果の相違を確認した。

本テーマで得られた知見と提案は以下のとおりである。1) 舗装と区画線・道路標示が路面上の特性として一体的に評価できるとの観点から両工種の特性の間で機能に対する貢献度を比較し、区画線・道路標示の重み係数の定義域を舗装の定義域と整合させた上でその他の附属物の重み係数の定義域を定める。これにより、両資産区分の重み係数の設定にあたって

は、一体的評価と統合型評価の結果を等しくさせる重み係数がひとつの基準となり得る。2) PWL は多様な施設特性間での比較を可能にし、複合指標である PI は多工種の HRIF で構成される道路区間の維持管理ニーズを機能の観点から評価するために有用である。3) 限られた予算で迅速な供用性回復を目指す道路管理においては、日常点検を通じた補修閾値よりも厳しい管理目標を超えている区間数による評点付けが有用である。次期に補修閾値を超えると予想される特性値を管理目標とすれば、次期の対症的維持を最小化する方向で予防的維持の優先順位付けを行うことが可能となる。4) 補修閾値による正規化から得られる評点と、PWL から得られる評点とでは意味するものが異なるため、両方法の間での代替性は低い。

図 6.1.1 に示すように、テーマ A と B が扱った点検データの収集と蓄積については、技術マニュアルとしての点検要領と支援システムとしてのデータベースが関係する。テーマ B が扱った事業実施については、技術マニュアルとしての管理規定、作業標準、積算基準が関係する。テーマ C と D が扱ったパフォーマンス指数は点検データの存在を前提としており、支援システムとしてのデータベースのほかに劣化モデルと計画立案システムも関係する。これらの関係要因はマネジメントツールの構成要素であるため、その有機的な連携を可能にするマネジメントツールの見直しが必要である。

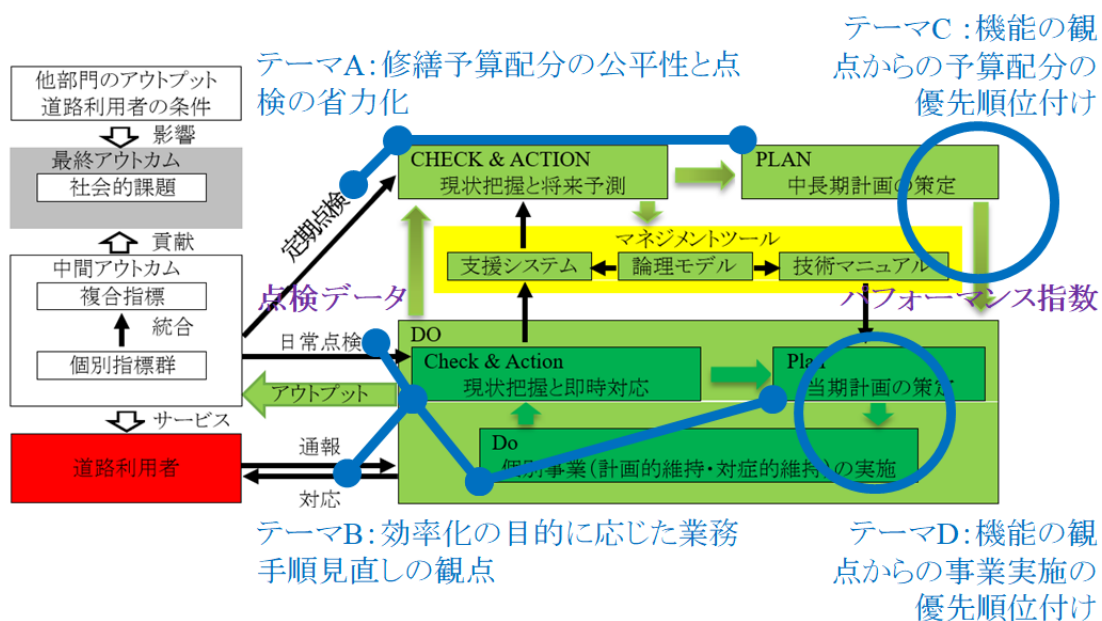


図 6.1.1 舗装の維持管理の効率化におけるテーマ A～D の位置付け

## 6.2 本研究の目的の達成度

第1章において、本研究の目的は、業務執行段階に着目し業務執行効率の向上に資する業務手順の見直しを提案すること、および計画策定段階に着目し事業実施効果の向上に資する優先順位付けを提案することとした。本研究の2つの目的は、以下に述べるように、一定程度達成できた。

第3章において、道路の維持管理に係るマネジメントサイクルの分析モデルとして企画部局と実施部局の2層構造の道路管理者よりなる基本モデルを明らかにし、本研究の目的を研究テーマとして具体化する枠組みの軸として維持管理における2段階(業務執行段階、計画策定段階)に加え道路管理者の2層構造(企画部局、実施部局)を得た。これにより、目的達成のための検討領域を道路管理の実情に合わせて設定したことになる。

第4章において、「効率の向上に資する維持管理の業務手順の見直し」について論じた。

企画部局については、テーマA「修繕予算配分の公平性と点検の省力化」を提案した。法定化された道路施設の定期点検により道路管理に新たなコストが発生するとともに、点検結果の有益な活用が求められている。これを踏まえて、舗装点検要領がもたらす点検方法の多様化に対応した選択肢を提案した上で、現場における診断結果の活用場面のひとつである修繕ニーズの評価すなわち予算配分比の決定について各選択肢を比較した。損傷の程度と範囲に係る情報量および必要なコストを勘案した上で適切な点検方法を選択することを求められる道路管理者に対し、選択の根拠となり得る技術的知見を提供することで、点検の省力化と予算配分における客観性・公平性の確保に資するものである。

実施部局については、テーマB「効率化の目的に応じた業務手順見直しの観点」を提案した。PBMC等を構成する概念と実施効果との関係に係る分析から、単年度主義の日本の公共調達にも包括化の概念は導入可能であり、その導入により契約業務の軽減および検査業務の軽減が期待できることを明らかにした。さらに、インプットベースと単年度主義を基本とする日本の公共調達にパフォーマンスベースや複数年度の概念を導入することはできないものの業務見直しの観点として道路管理者が内部化することは可能であるとの前提で、道路のパフォーマンスである施設状態の向上のためには、性能保証の観点と連続化の観点が重要であることを明らかにした。また、道路管理者のパフォーマンスである利用者対応の向上のためには、性能規定の観点が重要であることを明らかにした。制度上の課題に関する議論の進展と将来の制度改正を見通せば、当該内部化はPBMCの導入に不可欠な準備ともなる。

第5章において、「効果の向上に資する維持管理の優先順位付け」について論じた。

以下の2テーマに共通するPIの算出方法を提案したことの意義は大きい。工種と特性の多様性および機能に対するその複合的効果を考慮した複合指標であるPIは、機能の観点からの優先順位付けを可能にする。評点化の方法、機能別の施設特性および重み係数は、道路管理者が管理方針に応じて選定し設定することができる。また、評点化された特性値は施設特性間の比較を可能にする。

企画部局については、テーマ C「機能の観点からの予算配分の優先順位付け」を提案した。ネットワークレベルでの測定データの整備状況を考慮して舗装を対象とし、ひび割れ率 C、わだち掘れ量 D、平坦性  $\sigma$  を用いた。MCI が着目する構造の健全性(保全)の観点に加え、道路利用者の視点による機能として安全と快適による評価が可能となった。機能の観点から MCI を補完する複合指標を提案することで道路管理者の説明責任を支援することができるようになった。MCI と PI の相関を最大ならしめる重み係数を用いた場合の MCI の段階的管理基準に応じた PI の管理基準を設定した。

実施部局については、テーマ D「機能の観点からの事業実施の優先順位付け」を提案した。対象区間が比較的短い場合に附属物に係る測定データが整備されている可能性を考慮して、舗装 4 特性と附属物 2 工種による複合的評価を行った。舗装と区画線・道路標示を路面上の特性として一体的に評価することで、政策的判断である両資産区分の重み係数の設定にあたり、一体的評価と統合型評価の結果を等しくさせる重み係数がひとつの基準となり得ることを明らかにした。

### 6.3 今後の検討課題

本研究で得られた知見を活用し提案を実効あるものとするために、いくつかの課題について検討することが必要である。

テーマ A「修繕予算配分の公平性と点検の省力化」に関連して、管理区間 PD の算出方法に係る提案の有用性を高めるための課題は、第 1 に、1 回の目視点検による評価単位区間内の三分法的な識別とその大まかな延長割合の把握の可能性である。三分法的な診断と延長測定を行う目視点検について、二分法的な診断と延長測定を行う目視点検を 2 回行う場合とのコスト比較を含めて、その実現可能性を検証する必要がある。第 2 に、標本調査における母集団の設定基準である。舗装点検要領は管内の道路を分類 A～D に区分することとし、舗装劣化の緩急を決定する要因として大型車交通量を例示している。しかし、舗装のパフォーマンスすなわち交通による舗装の時間的な損傷遷移は舗装の構造により異なっており、舗装構造も加味した母集団の設定が必要である。第 3 に、時間軸の考慮である。交通条件と道路条件を考慮して母集団が設定され区間の全体が同一のパフォーマンスカーブにより特徴付けられる前提が成立する場合には、時間軸を考慮した計画的修繕の検討が可能となる。例えば、補修ニーズと定義した区分Ⅱの施設数量の一部を次年度の修繕ニーズと定義することも可能である。

テーマ B「効率化の目的に応じた業務手順見直しの観点」に関連して、PBMC 等の導入準備と維持管理業務の効率向上を進めるための課題は、第 1 に、先行プロジェクトに関するデータの蓄積と共有である。開始時期、契約期間、対象とする維持活動、業績評価、業績対応等の基本情報を、実施について検討中の道路管理者も含めて共有することができれば議論の

場が拡大される。国や地方自治体の垣根を越えて幅広くデータを蓄積することが望ましい。第2に、ベンチマーキングの実施方法の確立である。複数の機関が当該活動を継続的に実施するためには、事例評価に係る技術的手順だけでなく、参加者が実施の意思に到達し、それを維持する方法が提示される必要がある。また、ベンチマーキングの実施に先立ち、道路管理者による評価指標の共有とデータの蓄積が不可欠であり、道路維持管理の目的の明確化と、その目的の達成度を評価できる指標の抽出が必要である。

維持管理行為を実施し道路利用者と接触を持つのは実施部局の職員であり、行政組織への新たな制度やシステムの導入にあたり職員の理解と順応が大きな課題となる。道路管理者内部の共通認識となる論理モデルの構築やマネジメントツールの見直しだけでなく、それらの根底にある思想が道路利用者の視点とサービスすなわち機能の観点であることを職員に理解させる必要がある。道路の供用性回復を望む道路利用者と道路管理者の対応を待つ通報者が存在するという意識には、レスポンスタイム基準が規定する以上の成果が期待できる。継続的なパフォーマンスの評価と業務手順の見直しにも、これらの理解と意識が不可欠である。

テーマC「機能の観点からの予算配分の優先順位付け」とテーマD「機能の観点からの事業実施の優先順位付け」に関連して、PIの有用性を高めるための課題は、第1に、ポットホールの発生および附属物のパフォーマンスに係るデータを取得し記録することである。ポットホールの面積と深さのように走行車両からの目視によっても概ね確認できる指標を用いたパフォーマンス基準を設定し、日常点検において通常走行を行いながら情報を取得する方法を確立する。第2に、個々の施設特性についてのパフォーマンスカーブに基づく管理目標の検討である。遅滞が許されない対症的維持を確実に実施するためには予算確保が必須であり、次期に補修閾値を超えることが予想される特性値の解明は対症的維持を要する施設数量の予測を可能にする。第3に、供用中の補助幹線道路におけるデータを用いてPIの有用性を確認することである。対症的維持を中心としたHRIFの管理方針が採用されるのは主要幹線道路よりも補助幹線道路であり、路面上の特性の一体的評価は中央帯を設けていない道路においてより重要となる。

## 謝辞

筑波大学大学院システム情報工学研究科における博士後期課程早期修了プログラムを修了するにあたっては、岡本直久教授には指導教員として、谷口守教授と堤盛人教授には副指導教員として、的確で示唆に富んだご指導を賜りました。深謝の意を表します。

車椅子使用の著者が学位取得を望んだとき、石田東生教授は20年に近い空白期間も無かったかのように受け入れて、早期修了プログラムの道を示して下さいました。岡本直久教授は、受験申し込みに先立ち著者の職場まで足を運んだ上でご指導下さりました。進学後も駐車場の確保と発表会場の選定に関し特段のご配慮を賜りました。博士後期課程の吉田崇紘氏は、大学のバリアフリー情報を動画も含めてお送り下さいました。改めて感謝申し上げます。

進学前の博士ゼミでは庄司学准教授、進学後の予備審査では鈴木勉教授ならびに連携大学院の近藤美則教授および小林寛教授、最終審査では連携大学院の塚田幸広教授に格別のご鞭撻を賜りました。感謝を申し上げます。

国立研究開発法人土木研究所の職員のまま進学することについては、組織としてのご理解を頂くとともに、多くの方々に背中を押してもらいました。皆様にお礼を申し上げます。

最後に、車椅子使用の著者を大学まで連れて行き、発表資料の操作のために著者の手の代わりをしてくれたのは妻さなえです。心からの感謝を記します。

吉田 武

## 付録

### 付録-1 道路施設の複合的評価に関する研究事例の概要(3.2.3 関連)

研究事例	Sadek et al. (2003)
アウトカムおよび数理計画モデルの作成と解法	舗装, 橋梁, バス・待合所, 自転車道, 歩道, 交通信号機について工種別状態指標(condition measure)を 100-0 尺度で定義し, 区間の状態指数(overall condition index)を最大にする工種別予算額を決定した後工種別の状態指数指標に基づく優先順位を決定した. 予算配分の最適化だけでなく空間的視野と時間的視野からの作業予定の調整も目的とした.
パフォーマンス指標の選定	
評点化における観点	工種別状態指標は供用年数の関数とし, 回帰分析による予測式の係数を道路種別, 表層材料, 交通特性等に応じて変化させた. データが不十分な場合は, それぞれの耐用年数に対する供用年数の比に応じて状態指標は 100 から 0 まで直線的に変化する直線近似を用いた.
重み係数の設定	状態指数を統合するための重み係数として, 工区別から工種別へは施設数量を用い, 工種別から区間の状態指数を得るには工種別の相対的重要性を用いた. ケーススタディの重み係数は工種別に差を付けていない. 結果として全体予算の増加分は舗装に配分された.
附属物への配慮	交通信号機は耐用年数の異なる部位(制御器, 灯器, 感知器)に分解した.
工種別マネジメントシステムの活用	データの入手可能性および既存システムと新システムとの実用的な統合の観点から, 既に運用中の工種別マネジメントシステムのパフォーマンス指標と検討結果を優先しており, 舗装の状態指標としては舗装状態指数(Pavement Condition Index: PCI)を用い, 橋梁の維持計画と予算額については PONTIS の結果を活用した. 既存のパフォーマンス指標が 100-0 尺度でない場合は 100-0 尺度に変換した.
予算配分の実態との比較	工種別予算額の決定には, 工種別の回帰分析と直線近似に基づき設定された(ネットワークレベルでの)状態-予算曲線を用いるとともに, 日常的な維持管理のための最低予算額を制約条件とした.
参考文献	Sadek, A. W., Kvasnak, A. and Segale, J.: Integrated Infrastructure Management Systems—Small Urban Area's Experience, <i>Journal of Infrastructure Systems</i> , Vol. 9, No. 3, pp. 98–106, 2003.

研究事例	Li and Sinha (2004)
アウトカムおよび数理計画モデルの作成と解法	<p>維持管理事業によるパフォーマンス指標の変化が示す価値の増分をアウトカムとした。</p> <p>機能別工種別のパフォーマンス指標から機能別に価値の増分を求め、さらに工種別に統合する。</p> <p>機能別へのパフォーマンス指標の統合には加重総和を用いる。すべての機能別を統合する際は、例えば実用と安全・環境の相互関係を考慮して加重総乗を用いる。</p>
パフォーマンス指標の選定	<p>機能(system goal) 保全に寄与する program category 舗装保全のパフォーマンス指標は路面状態と remaining service life 残存耐用年数, 安全に寄与する program category 舗装保全のパフォーマンス指標は旅行速度・滑り抵抗・車線幅員・路肩幅員, 事故防止装置のパフォーマンス指標は視認距離・輝度・衝突率である。</p>
評点化における観点	<p>確実性の下では効用, リスクの下では期待効用, 効用理論を適用できない不確実性の下では Shackle の意思決定理論の焦点要素により評点化する。パフォーマンス指標は、車線幅員のように決定されたものはリスク分析から除外されるが、橋梁部材の損傷レベルのように離散値をとるものには二項分布, 路面状態や残存耐用年数のように連続値をとるものにはベータ分布を考慮した。</p> <p>保全すべき機能は全工種に共通するから、機能の重み係数は工種 program category 間で等しいとした。</p>
重み係数の設定	<p>機能別のパフォーマンス指標の重み係数および機能の重み係数は、道路管理者グループと道路利用者グループに分け、選好を尺度で問う直接質問法と確実性等価法により求めた。</p> <p>機能の重み係数に大きなばらつきが見られたため、アンケート回答者別に、第1階層に機能の重み係数, 第2階層に回答者, 第3階層に機能を置いた階層分析法 (Analytic Hierarchy Process: AHP) により機能の重み係数を処理した。</p> <p>維持管理事業による価値の増分を求める際、交通量・施設数量/費用を乗ずることで維持管理事業を評点化した。</p>
附属物への配慮	
工種別マネジメントシステムの活用	
予算配分の実態との比較	<p>所与の工種別予算額の下で、工種や年度が異なる複数の事業を包括する契約の存在を想定し、予算残額を次年度に繰り越す逐年 (year by year) シナリオと繰り越しを考慮しない累積予算シナリオの2通りで、ナップサック問題を解くことにより最適解を求めた。</p> <p>最適解を比較すると、価値の増分は不確実性, リスク, 確実性の順であり、意思決定においてリスクや不確実性を考慮する必要性が確認された。</p> <p>過去の発注実績と最適解を比較した結果、不確実性やリスクの有無によらず 85%以上の一致が見られ、また累積予算シナリオの方が高い一致率であった。</p>



参考文献	<p>Li, Z. and Sinha, K.: Methodology for Multicriteria Decision Making in Highway Asset Management, <i>Transportation Research Record</i>, No. 1885, pp. 79–87, 2004.</p> <p>Li, Z. and Sinha, K.: Multicriteria Highway Programming Incorporating Risk and Uncertainty --- A Methodology for Highway Asset Management System, FHWA/IN/JTRP-2003/21, Purdue University, 2003.</p>
------	---

研究事例	Gharaibeh et al. (2006)
アウトカムおよび数理計画モデルの作成と解法	多工種を対象とし工種間の予算配分を目的としており、施設損傷と性能低下のリスク最小化を目的とした意思決定者の主観である効用は多属性効用となる。
パフォーマンス指標の選定	区間レベルで各工種の健全(health)を表す指標として、予算無制限の維持管理の下で期待できる耐用年数に対する当該工区の耐用年数の比を施設数量と交通量で加重平均した健全効率および補修閾値を超えない工区の施設数量割合を管理基準適合割合と定義した。両指標と予算水準の関係を設定する必要がある。
評点化における観点	舗装のパフォーマンス指標は0-9尺度の状態評点、IRI、混雑度および事故率であり、各指標の補修閾値は設定してあるが重み係数は考慮されていない。道路標識のパフォーマンス指標として0-9尺度の標識状態指数(sign condition index)を採用しているが詳細には言及していない。
重み係数の設定	予算制約下で健全効率あるいは適合割合を目的関数とする場合、各工種の重要度は等しいものとした。両指標は施設の物理的状态に着目しており利害関係者への説明も容易であるが、道路利用者に対する最終的な影響については説明していない。 意思決定者のリスク態度に基づく直接質問法を用い、各工種の効用を耐用年数を考慮した健全性の関数として評点化するとともに、各工種に確実性・くじアプローチ(ギャンブル法)を適用し、ある工種が最高効率で残りの工種が最低効率となる戦略と全工種がある確率で最高効率となる戦略が等価となる場合、その確率を当該工種の重み係数とした。ケーススタディで意思決定者となった州政府の組織内技術者は、舗装、橋梁、道路標識の重み係数をそれぞれ0.575、0.625、0.125とした。効用関数については、安全への関与が大きい橋梁と交差点がリスク回避的、安全への関与は橋梁に及ばないが快適に関係し道路利用者に注目されやすい舗装がリスク中立的、極度の劣化でなければ認知されにくい道路標識と排水がリスク愛好的であった。
附属物への配慮	
工種別マネジメントシステムの活用	
予算配分の実態との比較	適合割合最大化を目的とした場合の効用は、効用最大化を目的とした場合の効用に近く、実際の予算に基づく効用を上回っていた。実際の道路管理は、安全を左右する工種の維持管理において過度に保守的であり、それらに予算が優先的に配分されるため、組織内技術者の技術的判断によるものと必ずしも一致しない。
参考文献	Gharaibeh, N., Chiu, Y. and Gurian, P.: Decision Methodology for Allocating Funds across Transportation Infrastructure Assets, <i>Journal of Infrastructure Systems</i> , Vol. 12, No. 1, pp. 1-9, 2006.

研究事例	Bai et al. (2012)
アウトカムおよび数理計画モデルの作成と解法	工種別マネジメントシステムが複数の候補事業を選定している条件下、総予算の制約の下、2つのパフォーマンス指標を最適化する多目的最適化問題のパレート最適解を遺伝的アルゴリズムにより求めた。パレート最適解により明らかとなる2つのパフォーマンス指標の主観的交換比率である限界代替率を用いて、意思決定者が工種別の予算配分を判断する。
パフォーマンス指標の選定	事業効果を表すパフォーマンス指標として、全工種共通の衝突率と旅行速度、舗装はIRI、橋梁は橋梁状態評点BCRが5以上の割合、道路附属物のremaining service life残存耐用年数 3つ以上のパフォーマンス指標のトレードオフについては、2つのパフォーマンス指標を残して他を制約条件とする。パフォーマンス指標とその工種別予算との限界代替率を求めていけば、制約条件となった工種の予算を決定できる。
評点化における観点	
重み係数の設定	
附属物への配慮	
工種別マネジメントシステムの活用	
予算配分の実態との比較	複数の候補事業として実施済みの事業実績を用いた。
参考文献	Bai, Q., Labi, S., and Sinha, K.: Trade-Off Analysis for Multiobjective Optimization in Transportation Asset Management by Generating Pareto Frontiers Using Extreme Points Nondominated Sorting Genetic Algorithm II, <i>Journal of Transportation Engineering</i> , Vol. 138, No. 6, pp. 798–808, 2012.

研究事例	Fwa and Farhan (2012)
アウトカムおよび数理計画モデルの作成と解法	パフォーマンス指標ごとに閾値(制約条件)を定め、工種別にパフォーマンス指標の区間平均値と費用を目的関数とする多目的最適化。区間の最適化は、工種別のパフォーマンス指標の区間平均値と閾値(制約条件)との乖離の工種間較差の最小化。
パフォーマンス指標の選定	パフォーマンス指標は、舗装PCI, 橋梁BHI, 道路附属物は残存耐用年数の設計耐用年数に対する百分率。
評点化における観点	道路附属物のサービス水準は残存耐用年数と関連づけたが、設計耐用年数に対する百分率を用いることで、舗装や橋梁と同じ0から100の指数に評点化。
重み係数の設定	
附属物への配慮	道路附属物の工区割りを舗装の工区割りに一致させた。防護柵と道路標識は面状部材と支柱について、設計耐用年数, 更新費用および正規分布を仮定した残存耐用年数が判明している。
工種別マネジメントシステムの活用	
予算配分の実態との比較	工種別に、維持管理行為の選択肢としての工法の工程と費用, 適用基準, 適用後の状態・性能が判明している。舗装の工法は無為, パッチング, オーバーレイあるいはクラックシーリング, 橋梁部材の工法は無為, 小規模維持, 大規模維持あるいは更新, 道路附属物の工法は無為あるいは更新。
参考文献	Fwa, T. and Farhan, J.: Optimal Multiasset Maintenance Budget Allocation in Highway Asset Management, <i>Journal of Transportation Engineering</i> , Vol. 138, No. 10, pp. 1179–1187, 2012.

## 付録-2 米国諸州の MQA プログラム (3.4.3 関連)

2014 年に NCHRP の枠組みで実施された実態調査で回答が得られた 40 州のうち 28 州が、MQA により維持管理行為をモニタリングするプログラムあるいは同様のプログラムを所有していた。ここでは、Mississippi を加えた 29 州を対象とする。

<参考文献> Zimmerman, K. A.: Maintenance Quality Assurance Field Inspection Practices, p15, NCHRP Synthesis, No. 470, Transportation Research Board, 2015.

<有用なサイト> Maintenance Quality Assurance

<http://www.wistrans.org/mrutc/training-libraries/mqa/>

State	Program	Manual	Year	URL (アクセス 2017.5.22)
Alaska	Maintenance Quality Assurance Program	Field Data Collection and Entry Manual	2013	<a href="http://dot.alaska.gov/stwdmno/">http://dot.alaska.gov/stwdmno/</a>
Arizona	Level of Service	Customer-Oriented Level of Service Maintenance Management System	2005	<a href="https://apps.azdot.gov/ADOTLibrary/publications/project_reports/PDF/AZ418.pdf">https://apps.azdot.gov/ADOTLibrary/publications/project_reports/PDF/AZ418.pdf</a>
Arkansas	Maintenance Management Program	MAINTENANCE SUPERVISOR'S MANUAL		<a href="https://www.arkansashighways.com/maintenance_division/maintenance_management.aspx">https://www.arkansashighways.com/maintenance_division/maintenance_management.aspx</a> <a href="https://www.arkansashighways.com/maintenance_division/Maintenance_Supervisors_Manual.pdf">https://www.arkansashighways.com/maintenance_division/Maintenance_Supervisors_Manual.pdf</a>
California	Maintenance Management Program (LOS2000)	Evaluator's Reference Module and Field Evaluation Guide	2009	<a href="http://www.dot.ca.gov/hq/esc/oe/project_ads_addenda/04/04-1637U4/Reference%20Documents/Operations%20and%20Maintenance/LOS2000%20Field%20Evaluation%20Guide.pdf">http://www.dot.ca.gov/hq/esc/oe/project_ads_addenda/04/04-1637U4/Reference%20Documents/Operations%20and%20Maintenance/LOS2000%20Field%20Evaluation%20Guide.pdf</a>
Colorado	MLOS Maintenance Level of Service	Highway Maintenance. Levels of Service manual	1999	<a href="https://www.codot.gov/content/projects/I25CimarronRFP/BOOK%203-Applicable%20Standards,%20Data%20and%20Reports/Section%2018_5-15-2014_Draft-RFP/Complete_highway_maintenance_LOS_Manual_.pdf">https://www.codot.gov/content/projects/I25CimarronRFP/BOOK%203-Applicable%20Standards,%20Data%20and%20Reports/Section%2018_5-15-2014_Draft-RFP/Complete_highway_maintenance_LOS_Manual_.pdf</a>
Florida	Maintenance Rating Program (MRP)	Maintenance Rating Program (MRP) 2016 Handbook	2016	<a href="http://www.fdot.gov/maintenance/MaintRatingProgram.shtm">http://www.fdot.gov/maintenance/MaintRatingProgram.shtm</a>

Indiana	Maintenance Quality Assurance Program	Maintenance Quality Assurance Program	2003	<a href="http://www.in.gov/indot/http://docs.lib.purdue.edu/jtrp/142/">http://www.in.gov/indot/http://docs.lib.purdue.edu/jtrp/142/</a>
Iowa	Maintenance Performance Measurements			<a href="https://directory.iowa.gov/Organization/Details/depart ment-of-transportation">https://directory.iowa.gov/Organization/Details/depart ment-of-transportation</a>
Kansas	Maintenance Quality Assurance Program	Maintenance Quality Assurance Program Manual	2007	<a href="https://www.ksdot.org/bureaus/burMaint/default.asp">https://www.ksdot.org/bureaus/burMaint/default.asp</a> <a href="http://www.wistrans.org/mrutc/files/QAManual-Rev-May-2007.pdf">http://www.wistrans.org/mrutc/files/QAManual-Rev-May-2007.pdf</a>
Kentucky	Maintenance Rating Program (MRP)	Field Data Collection Manual	2006	<a href="http://transportation.ky.gov/Maintenance/Pages/Maintenance-Rating-Program.aspx">http://transportation.ky.gov/Maintenance/Pages/Maintenance-Rating-Program.aspx</a>
Louisiana	Maintenance Management Program			<a href="http://wwwsp.dotd.la.gov/Pages/default.aspx">http://wwwsp.dotd.la.gov/Pages/default.aspx</a>
Maryland	Maintenance Quality Assurance Program			<a href="http://www.mdot.maryland.gov/">http://www.mdot.maryland.gov/</a>
Mississippi	Accountability in MDOT Maintenance Operations (AMMO)	Data Collection Manual	2007	<a href="http://www.wistrans.org/mrutc/files/Data-Collection-Manual.doc">www.wistrans.org/mrutc/files/Data-Collection-Manual.doc</a>
Missouri	Maintenance Performance Indicators	Maintenance Performance Indicators Report 2009		<a href="http://www.modot.org/">http://www.modot.org/</a> <a href="http://www.wistrans.org/mrutc/2010/06/maintenance-performance-indicators-report-2009/">http://www.wistrans.org/mrutc/2010/06/maintenance-performance-indicators-report-2009/</a>
Montana	Maintenance Management Program			<a href="http://www.mdt.mt.gov/">http://www.mdt.mt.gov/</a>
Nevada	Maintenance Achievement Program			<a href="https://www.nevadadot.com/">https://www.nevadadot.com/</a>
New Jersey	We have several systems,			<a href="http://www.state.nj.us/transportation/">http://www.state.nj.us/transportation/</a>
New York	Maintenance Quality Assurance Program			<a href="https://www.dot.ny.gov/index">https://www.dot.ny.gov/index</a>
North Carolina	Maintenance Condition Assessment Program	Maintenance Condition Assessment Program	2010	<a href="https://www.nc.gov/agencies/transportation">https://www.nc.gov/agencies/transportation</a> <a href="http://www.wistrans.org/mrutc/2010/05/maintenance-condition-assessment-program/">http://www.wistrans.org/mrutc/2010/05/maintenance-condition-assessment-program/</a>
Ohio	Maintenance Condition Rating			<a href="https://ohioauditor.gov/trainings/lgoc/2014/ODOT%20Road%20Maintenance.pdf">https://ohioauditor.gov/trainings/lgoc/2014/ODOT%20Road%20Maintenance.pdf</a>

Pennsylvania	Maintenance Quality Assurance Program			<a href="http://www.penndot.gov/Pages/default.aspx">http://www.penndot.gov/Pages/default.aspx</a>
South Carolina	MAP—Maintenance Assessment Program	Maintenance Assessment Program (MAP) development and implementation	2004	<a href="http://www.511sc.org/">http://www.511sc.org/</a> <a href="http://dc.statelibrary.sc.gov/handle/10827/6479">http://dc.statelibrary.sc.gov/handle/10827/6479</a>
Tennessee	Maintenance Rating Index (MRI) Program	Maintenance Rating Program Manual	2006	<a href="http://www.tn.gov/tdot">http://www.tn.gov/tdot</a> <a href="http://www.wistrans.org/mruc/files/MRI-Training-Manual_2006.pdf">http://www.wistrans.org/mruc/files/MRI-Training-Manual_2006.pdf</a>
Texas	Texas Maintenance Assessment Program (TxMAP)	Maintenance Management Manual	2016	<a href="http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/mmt/mmt.pdf">http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/mmt/mmt.pdf</a>
Utah	Maintenance Management Quality Assurance (MMQA)	Maintenance Management Quality Assurance Plus (MMQA+) Inspection Manual	2012	<a href="https://www.udot.utah.gov/main/f?p=100:pg:0:::1:T,V:4331">https://www.udot.utah.gov/main/f?p=100:pg:0:::1:T,V:4331,</a>
Washington	Maintenance Accountability Process (MAP)	Maintenance Accountability Process (MAP) Manual	2012	<a href="http://www.wsdot.wa.gov/Maintenance/Accountability/">http://www.wsdot.wa.gov/Maintenance/Accountability/</a>
West Virginia	Maintenance Management Program			<a href="http://www.transportation.wv.gov/Pages/default.aspx">http://www.transportation.wv.gov/Pages/default.aspx</a>
Wisconsin	Compass	Rating Manual	2016	<a href="http://wisconsin.dot.gov/Pages/doing-bus/local-gov/hwy-mnt/compass/rating-tools.aspx">http://wisconsin.dot.gov/Pages/doing-bus/local-gov/hwy-mnt/compass/rating-tools.aspx</a>
Wyoming	Maintenance Quality Assurance Program			<a href="http://www.dot.state.wy.us/home.html">http://www.dot.state.wy.us/home.html</a>

	DOTのHPにProgramあり, DOTのHPにManualあり.
	DOTのHPにProgramあり, DOTのHP以外にManualあり.
	DOTのHPにProgramなし, DOTのHPにManualあり.
	DOTのHPにProgramなし(SCはHPにアクセスできず), DOTのHP以外にManualあり.
	DOTのHPにProgramなし(OhioはHPにアクセスできず), Manualなし.

### 付録-3 二項分布とベータ分布の関係の証明(4.1.2 関連)

確率変数  $x$  がパラメータ  $n, p$  の二項分布に従うとき,  $x$  が  $k$  以上となる確率  $\Pr(x \geq k)$  は次式で表せることを, 数学的帰納法により証明する.

$$\sum_{x=k}^n {}_n C_x p^x (1-p)^{n-x} = \frac{1}{B(k, n-k+1)} \int_0^p z^{k-1} (1-z)^{n-k} dz \quad (1)$$

ここで,  ${}_n C_x$ : 二項係数 ( ${}_n C_x = (n(n-1)\dots(n-x+1)) / x! = n! / (x!(n-x)!)$ ),  $B(\ )$ : ベータ関数 ( $B(n, m) = \Gamma(n)\Gamma(m)/\Gamma(n+m) = (n-1)!(m-1)! / (n+m-1)!$ ),  $\Gamma(\ )$ : ガンマ関数 (自然数  $n$  のとき  $\Gamma(n) = (n-1)!$ ).

(I)  $k=n$  のとき,

$$\text{左辺} = p^n$$

$$\text{右辺} = \frac{1}{B(n, 1)} \int_0^p z^{n-1} (1-z)^0 dz = \frac{1}{B(n, 1)} \left( \frac{1}{n} p^n - \frac{1}{n} 0^n \right) = \frac{n!}{(n-1)!} \left( \frac{1}{n} p^n \right) = p^n$$

であるから, 式(1)は成り立つ.

(II)  $k=i+1$  のとき, 式(1)が成り立つと仮定すると

$$\sum_{x=i+1}^n {}_n C_x p^x (1-p)^{n-x} = \frac{1}{B(i+1, n-i)} \int_0^p z^i (1-z)^{n-i-1} dz \quad (2)$$

式(2)の両辺に  ${}_n C_i p^i (1-p)^{n-i}$  を加えると

$$\text{左辺} = \sum_{x=i}^n {}_n C_x p^x (1-p)^{n-x}$$

$$\begin{aligned} \text{右辺} &= \frac{1}{B(i+1, n-i)} \int_0^p z^i (1-z)^{n-i-1} dz + {}_n C_i p^i (1-p)^{n-i} \\ &= \frac{n!}{i!(n-i-1)!} \frac{1}{n-i} \left[ \left\{ -p^i (1-p)^{n-i} \right\} - \left\{ -0^i (1-0)^{n-i} \right\} - \left\{ - \int_0^p i z^{i-1} (1-z)^{n-i} dz \right\} \right] + {}_n C_i p^i (1-p)^{n-i} \\ &= \frac{n!}{i!(n-i)!} \left\{ -p^i (1-p)^{n-i} + \int_0^p i z^{i-1} (1-z)^{n-i} dz \right\} + {}_n C_i p^i (1-p)^{n-i} \\ &= \frac{n!}{(i-1)!(n-i)!} \int_0^p z^{i-1} (1-z)^{n-i} dz \\ &= \frac{1}{B(i, n-i+1)} \int_0^p z^{i-1} (1-z)^{n-i} dz \end{aligned}$$

これは  $k=i$  のときも式(1)が成立することを示している.

なお, 右辺の変形にあたっては部分積分の公式 ( $\int f(x)g'(x)dx = f(x)g(x) - \int f'(x)g(x)dx$ ) および合成関数の微分公式 ( $\{f(g(x))\}' = f'(g(x))g'(x)$ ) に留意する必要がある.

(I)と(II)より,  $n$  以下のすべての自然数  $k$  について式(1)が成り立つ.



# 各種一覧

## 図のリスト

### <第1章>

- 図 1.2.1 本研究の進め方
- 図 1.2.2 道路の維持管理に係るマネジメントサイクルの基本モデル
- 図 1.2.3 舗装の維持管理の効率化におけるテーマ A~D の位置付け
- 図 1.3.1 本論文の構成

### <第2章>

- 図 2.1.1 日本における舗装の延長と事業費の推移
- 図 2.1.2 施設の特徴を踏まえた合理的な点検の方針
- 図 2.1.3 舗装と表層のパフォーマンスカーブ
- 図 2.1.4 日本道路協会道路維持修繕委員会による個別事業における道路資産管理の流れ
- 図 2.1.5 京都モデルの概要
- 図 2.2.1 県道の舗装構成例
- 図 2.2.2 道路利用者と道路および道路管理者との関わり

### <第3章>

- 図 3.1.1 維持管理の枠組とマネジメントサイクルにおけるパフォーマンス指標の用法
- 図 3.1.2 マネジメントツールとパフォーマンス指標
- 図 3.3.1 表層のパフォーマンスカーブ
- 図 3.3.2 維持管理の改善の流れおよび海外・日本における外部委託の範囲
- 図 3.3.3 PBMC 等の概念体系
- 図 3.3.4 対症的維持の進展過程における関係者と時間
- 図 3.5.1 道路の維持管理に係るマネジメントサイクルの基本モデル
- 図 3.5.2 舗装の維持管理の効率化におけるテーマ A~D の位置付け

### <第4章>

- 図 4.1.1 舗装の診断区分と測定データの度数分布
- 図 4.1.2 評点化の方法, 点検手法および評価単位区間データの関係ならびに管理区間 PD の例
- 図 4.1.3 管理区間データの類型化
- 図 4.1.4 測定データの分布形状
- 図 4.1.5 変量法と属性法による管理区間 PD に基づく予算配分比
- 図 4.1.6 管理区間 PD と管理区間平均値に基づく予算配分比
- 図 4.1.7 全数調査と点推定による管理区間 PD に基づく予算配分比
- 図 4.1.8 PD を用いた変量法による管理区間 PD に基づく予算配分比
- 図 4.1.9 変量法による管理区間 PD に基づく予算配分比

### <第5章>

- 図 5.1.1 複合指標化の枠組み
- 図 5.1.2 評点化における正規化と基準内率の意味するもの
- 図 5.2.1 セル【23】と【32】の路面特性値
- 図 5.2.2 セル【23】と【32】の正規化された路面特性値
- 図 5.2.3 MCI と  $PI_{\text{preserve}}$  の相関関係
- 図 5.2.4 MCI と  $PI_{\text{mci}}$  の相関関係

### <第6章>

- 図 6.1.1 舗装の維持管理の効率化におけるテーマ A~D の位置付け

## 表のリスト

### <第1章>

表 1.2.1 研究テーマの具体化のための枠組み

表 1.2.2 論文目録

### <第2章>

表 2.1.1 日本における舗装の現況

表 2.1.2 平成 25 年度の道路事業費

表 2.1.3 英国の地方道における舗装の維持管理状況の推移

表 2.1.4 道路の老朽化対策に関する国土交通省の取り組みの経緯

表 2.1.5 道路構造物の点検に係る規定

表 2.1.6 トンネル等の健全性の診断結果の分類

表 2.1.7 道路構造物の点検要領

表 2.1.8 京都モデルのアウトプット

表 2.2.1 道路法第 2 条

表 2.2.2 工種, 構造, 幾何学的配列の多様性

表 2.2.3 米国連邦道路庁による舗装の維持修繕の区分と実施目的

### <第3章>

表 3.1.1 指標共通化の事例が対象とする施設と特性

表 3.1.2 英国, ニュージーランド (NZ), 米国におけるパフォーマンス指標の用法

表 3.2.1 道路部門における 3 視点 8 領域の下でのパフォーマンス指標

表 3.2.2 サービス指標と管理指標の特徴とメリット・留意点

表 3.2.3 HRIF の複合的評価に係る研究事例

表 3.3.1 DC STREETS における[維持区分:舗装構造, 交通安全]に係る維持要素と性能指標

表 3.3.2 DC STREETS における[維持要素:舗装路面]に係る性能基準

表 3.3.3 DC STREETS における1年目評価の結果

表 3.3.4 米国 Fort Wayne 市におけるレスポンスタイムの短縮

表 3.3.5 海外におけるレスポンスタイム基準の例

表 3.3.6 海外におけるレスポンスタイム基準の用途

表 3.3.7 対症的維持の改善策の枠組み

表 3.3.8 建設省・国土交通省による通報受付窓口

表 3.4.1 複合指標の賛否両論

表 3.4.2 複合指標の作成手順

表 3.4.3 結合 PI に用いる機能別の路面特性と重み係数

表 3.4.4 総合 PI に用いる道路種別別の機能と重み係数

表 3.4.5 MQA の対象となる資産区分

表 3.4.6 MQA の対象となるアスファルト舗装の特性

表 3.4.7 MQA の対象となる附属物の工種

表 3.4.8 防護柵, 道路標識, 区画線, 道路標示に係る評点基準

表 3.4.9 防護柵, 道路標識, 区画線, 道路標示に係るパフォーマンス基準

表 3.4.10 Compass における LOS 等級付け基準

表 3.5.1 研究テーマの具体化のための枠組み

表 3.5.2 研究テーマの前提と意義

### <第4章>

表 4.1.1 上限規格値による場合の管理区間 PD の算出方法

表 4.1.2 600 組の  $D_{\max}$  と  $D_{\text{mean}}$

表 4.1.3 管理区間の  $D_{\max}$  と  $D_{\text{mean}}$  の傾向

表 4.1.4	変量法と属性法による管理区間 PD
表 4.1.5	管理区間 PD と平均わだち掘れ量の管理区間平均値
表 4.1.6	全数調査と点推定による管理区間 PD
表 4.1.7	区間推定による管理区間 PD
表 4.1.8	PD を用いた変量法による管理区間 PD
表 4.1.9	2 段階の上限規格値の下での管理区間 PD
表 4.2.1	PBMC 等の導入事例の概要
表 4.2.2	PBMC 等を構成する概念に対応した契約項目
表 4.2.3	導入事例を構成する概念の一覧
表 4.2.4	PBMC 等が維持費用に与える影響
表 4.2.5	PBMC 等が施設状態に与える影響
表 4.2.6	導入事例を構成する概念と実施効果の一覧
表 4.2.7	概念と実施効果の一覧(分析用)
表 4.2.8	性能規定と実施効果の関係
表 4.2.9	性能保証と実施効果の関係
表 4.2.10	包括化と実施効果の関係
表 4.2.11	連続化と実施効果の関係
表 4.2.12	長期化と実施効果の関係
表 4.2.13	PBMC 等を構成する概念と実施効果の関係
表 4.2.14	維持管理業務の改善目的と効果が期待される観点

#### <第 5 章>

表 5.1.1	舗装に係る路面特性と重み係数
表 5.1.2	舗装に係る機能と重み係数
表 5.1.3	工種による構造・幾何学的配列・施設特性の多様性
表 5.1.4	PI の算出に用いる項目と重み係数
表 5.1.5	課題の検証方針
表 5.2.1	機能別の路面特性と重み係数:EU 案
表 5.2.2	機能別の路面特性と重み係数:AU 案
表 5.2.3	舗装 3 特性のデータ
表 5.2.4	解析区間における管理基準の適合状況
表 5.2.5	セル【23】と【32】の路面特性値と MCI
表 5.2.6	セル【23】と【32】の PI
表 5.2.7	MCI と正規化された路面特性値の重回帰分析結果
表 5.2.8	管理区間 8km 案における路面特性値と複合指標
表 5.2.9	管理区間 4km 案における複合指標
表 5.2.10	評価単位区間 100m における複合指標
表 5.3.1	路面上 6 特性の機能別重み係数
表 5.3.2	舗装 3 特性のデータ
表 5.3.3	各管理区間における舗装 3 特性データの区間平均値
表 5.3.4	ポットホールおよび区画線・道路標示の不適合区間数
表 5.3.5	路面上の特性による PI と優先順位
表 5.3.6	資産区分の重み係数が統合型評価の結果に及ぼす影響
表 5.3.7	統合型評価と一体的評価および資産区分別評価の結果に差異をもたらす $\alpha$ の境界値
表 5.3.8	ケース別の不適合の考え方(わだち掘れを例として)
表 5.3.9	ケース 1b 用に設定し直したポットホールの不適合区間数
表 5.3.10	舗装 4 特性による PI と優先順位
表 5.3.11	舗装 3 特性による PI と優先順位
表 5.3.12	ケース 2c および 4c に係る区間の特性値・評点・PI

## 省略語・頭字語のリスト

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials	米国全州道路交通行政官協会
AHP	Analytic Hierarchy Process	階層分析法
AIA	Asphalt Industry Alliance	アスファルト協会(英国)
ALARM	Annual Local Authority Road Maintenance	地方道における維持管理
AMMO	Accountability in MDOT Maintenance Operations	ミシシッピ州の MQA
AMMO	Accountability for Montana's Maintenance Operations	モンタナ州の MQA
ASC	Asset Support Contract	アセット支援契約(英国)
BCI	Bridge Condition Index	橋梁状態指数
BCR	Bridge Condition Rate	橋梁状態評点
BHI	Bridge Health Index	橋梁健全度
BTCE	Bureau of Transport and Communications Economics	運輸通信経済局(オーストラリア)
CoRe	Commonly Recognized	一般的に認められた
CREMA	Contrato de Recuperación y Mantenimiento	修繕維持契約(アルゼンチン)
D/B	Design/Build	設計, 施工一括発注方式
DBFO	Design Build Finance and Operate	設計, 施工, 維持管理, 資金調達一括発注方式
DOT	Department of Transportation	交通局
EMAC	Enhanced Managing Agent Contractor	強化型 MAC(英国)
FHWA	Federal Highway Administration	連邦道路庁(米国)
Finnra	Finnish Road Administration	フィンランド道路局
GAO	Government Accountability Office	政府監査院(米国)
GASB	Governmental Accounting Standards Board	政府会計基準審議会(米国)
GNP	Gross National Product	国民総生産
HA	Highways Agency	道路庁(英国)
HCM	Highway Capacity Manual	道路の交通容量
HRIF	Human-Road Interface Facilities	道路利用者と道路の接点となる施設
IRI	International Roughness Index	国際ラフネス指数
JLARC	Joint Legislative Audit and Review Commission	議会監査委員会(ヴァージニア州)
KPIs	Key Performance Indicators	重要パフォーマンス指標
LCC	Life Cycle Cost	ライフサイクルコスト
LOS	Levels of Service	レベルオブサービス
LSL	Lower Specification Limit	下限規格値
MAC	Managing Agent Contractor	総合道路管理請負者(英国)
MAP	Maintenance Accountability Process	ワシントン州の MQA
MA/TMC	Managing Agent/Term Maintenance Contractor	管理代行者/維持管理工事請負者(英国)
MCI	Maintenance Control Index	維持管理指数
MQA	Maintenance Quality Assurance	維持管理の品質保証
MRUTC	Midwest Regional University Transportation Center	中西部地方大学交通センター
NBI	National Bridge Inventory	全国橋梁台帳
NCHRP	National Cooperative Highway Research Program	国内協同道路研究計画
NPM	New Public Management	新公共経営
NZ	New Zealand	ニュージーランド

OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development	経済協力開発機構
PBMC	Performance-Based Maintenance Contract	性能規定型維持管理契約
PCI	Pavement Condition Index	舗装状態指数
PD	Percent Defective	不良率
PFI	Private Finance Initiative	民間資金等活用事業
PI	Performance Index	パフォーマンス指数
PM	Particulate matter	微小粒子状物質
PPC	Pavement Performance Contract	舗装業績契約(スウェーデン, デンマーク)
PSMC	Performance-Specified Maintenance Contract	性能規定型維持管理契約(NZ)
PWL	Percent Within Limit	基準内率
QA	Quality Assurance	品質保証
RSL	Remaining Service Life	残存耐用年数
SPI	Statutory Performance Indicators	法定パフォーマンス指標
TAMS	Turnkey Asset Maintenance Services	ターンキー資産維持管理サービス(ヴァージニア州)
TMC	Total Maintenance Contract	全体維持管理契約(テキサス州)
TRB	Transportation Research Board	交通調査委員会(米国)
USL	Upper Specification Limit	上限規格値
VOC	Volatile Organic Compounds	揮発性有機化合物
WIM	Weigh-in-motion	走行車両重量計測

## 本研究に関連する既発表論文のリスト

Yoshida, T. and Noda, E.: Technical Guidelines for In-situ Recycling of Base Courses in Japan, Proceedings of 1st International Symposium on Subgrade Stabilisation and In Situ Pavement Recycling Using Cement, Salamanca, Spain, pp. 695–707, 2001.

Yoshida, T. and Noda, E.: Directrices técnicas para capas de base recicladas in-situ en Japón, *CARRETERAS*, No.119, Asociacion Espanola de la Carretera, pp. 143–150, 2002.

Yoshida, T.: Performance-Based Specification as a Step to Performance-Based Management and Maintenance of Pavement in Japan, IRF & ARF Asia Pacific Roads Conference and Exhibition 2002, Sydney, New South Wales, Australia, Paper Number 71, 2002.

吉田武: パフォーマンスに基づく(性能規定型の)道路の維持管理契約, 舗装, Vol. 37, No. 7, pp. 42–43, 2002.

吉田武: 英国における地方道の維持管理の現状—Annual Local Authority Road Maintenance (ALARM) Survey 2003 より—, 舗装, Vol. 38, No. 11, pp. 29–31, 2003.

吉田武: 性能規定型維持管理契約に用いられる評価の指標と手法—米国 DC STREETS プロジェクトの1年目評価より—, 舗装, Vol. 39, No. 4, pp. 13–18, 2004.

吉田武: 性能規定化された技術基準の下での舗装の性能評価法の枠組み, 土木学会論文集, No. 767/V-64, pp. 279–284, 2004.

吉田武: 道路の性能規定型維持管理契約の現状と課題, 道路建設, No. 695, pp. 30–33, 2006.

吉田武: 道路維持管理における対症的措置のパフォーマンス指標としてのレスポンスタイム, 土木学会論文集 F, Vol. 64, No. 1, pp. 110–114, 2008.

吉田武: 道路構造物維持管理における対症的維持の意義と改善, 土木学会論文集 F, Vol. 66, No. 1, pp. 208–213, 2010.

吉田武: 舗装の建設段階および維持管理段階における性能規定型契約, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), Vol. 68, No. 1, pp. 14–19, 2012.

吉田武: 道路維持管理に関する性能規定型契約を構成する概念およびその多面的効果, 土木学会論文集F4 (建設マネジメント), Vol. 69, No. 3, pp. 176–189, 2013.

吉田武: ニュー・パブリック・マネジメント先進国における道路利用者と道路の接点となる施設の維持管理に係る業績指標の用途と要件, 土木学会論文集F4 (建設マネジメント), Vol. 71, No. 1, pp. 64–74, 2015.

吉田武: 道路機能の観点から舗装の維持管理ニーズを評価するための複合指標, 土木学会論文集E1 (舗装工学), Vol. 72, No. 1, pp. 12–20, 2016.

吉田武: 道路機能の観点からの道路区間の維持管理ニーズの評価, 土木学会論文集E1 (舗装工学), Vol. 72, No. 1, pp. 42–53, 2016.