

今後のH-BMSについて

～法令点検1巡目とH-BMSの試算結果の比較～

阪神高速道路株式会社 保全交通部

2021年3月30日

- 阪神高速では、2002年度以降「道路資産管理システム分科会」の審議を踏まえ、橋梁の工種毎に将来発生する維持管理費用を推計できるシステム(阪神高速の橋梁マネジメントシステム(H-BMS))を検討・開発。
- 2013年の「阪神高速道路の長期管理及び更新に関する技術検討委員会」では、更新を考慮したH-BMSへの改良が提言。この提言を踏まえ、その後「長期維持管理技術委員会」で各種検討を実施。
- 一方、[前回の委員会（2020年11月16日開催）](#)では、道路法施行規則の一部を改正する省令及びトンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示を受けた[1巡目定期点検（法令点検1巡目）](#)の結果概要を報告したが、今後のH-BMSの高度化検討に向けての事前検討の位置づけで、この点検結果とH-BMSの試算結果の比較を今回実施した。

- 法令点検1巡目の結果において、判定Ⅲの橋梁損傷は橋単位では20%、径間単位では3%。

法令点検1巡目(2014 (H26) ~2018 (H30) 年度)の結果【阪神高速】

【参考】阪神高速道路株式会社 個別施設計画（道路施設）令和元年12月 阪神高速道路株式会社

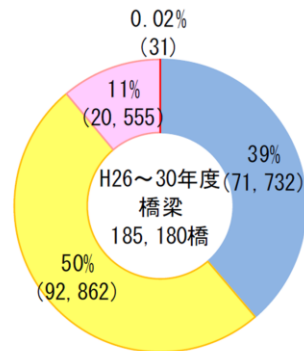
構造物	単位	2014(H26)年度～2018(H30)年度の点検結果					管理数量※
		計	I	II	III	IV	
橋梁	橋	385橋	46橋 (12%)	262橋 (68%)	77橋 (20%)	0橋 (0%)	318橋
	径間	10783径間	284径間 (3%)	10211径間 (95%)	288径間 (3%)	0径間 (0%)	9993径間

- ※ 上表の管理数量は、2019（平成31）年3月31日時点の数量（旧8号京都線含む）
- ※ 橋は、基本的には市区町村の境界単位で整理したもの。
- ※ 舗装の点検結果は、上記の表に含まれない。

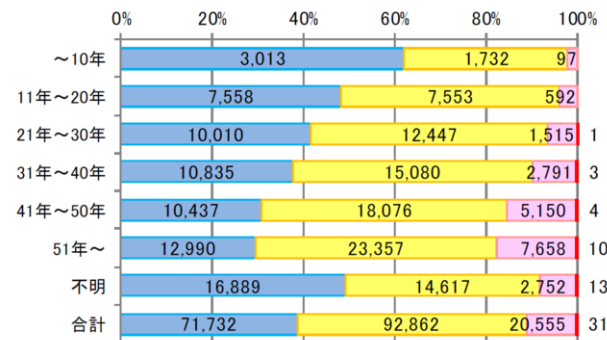
参考：1巡目(平成26～30 年度)の点検結果【都道府県・政令市等】

【引用】道路メンテナンス年報 国土交通省 道路局 令和元年8 月

○ 判定区分（橋梁）



○ 判定区分と建設経過年数（橋梁）

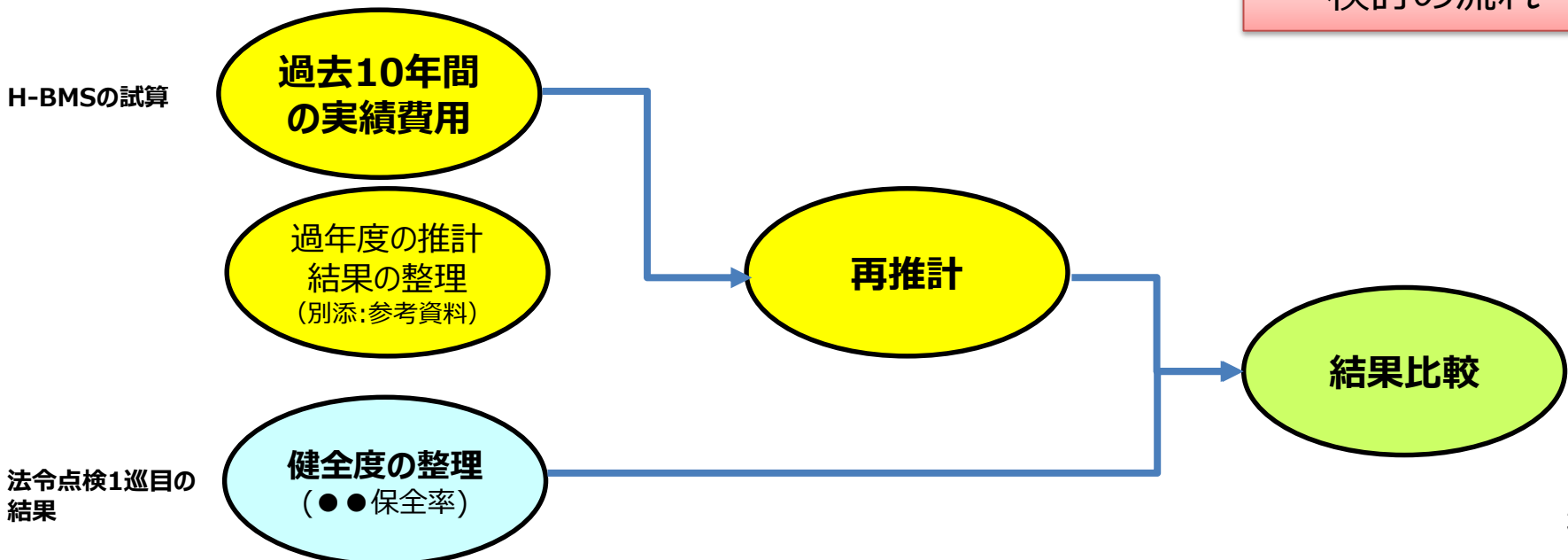


■ Ⅰ：健全 ■ Ⅱ：予防保全段階 ■ Ⅲ：早期措置段階 ■ Ⅳ：緊急措置段階

※点検を実施した施設のうち、平成30年度末時点で診断中の施設を除く。

- H-BMS構築時の考え方の妥当性を評価するため、「（保全に係る）**過去10年間の実績費用**」を反映した「**再推計**」の結果と、法令点検1巡目を受けた「**健全度の整理**」の結果を比較する。
- 再推計は、2010年度から2019年度までの10年間を対象とする。
- 再推計で与える補修費用の上限は、「過去10年間の実績費用」とする。
- 補修の実施時期は、過年度のH-BMSの設定条件（舗装： $MCI \leq 5.6$ 、舗装以外：SまたはA判定で補修実施）を踏襲する。
- 再推計に用いるH-BMSは、劣化予測モデルに確率推移行列を用いる確率モデルを用いる。

検討の流れ

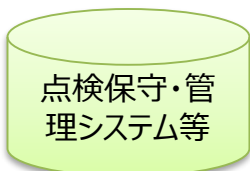


劣化予測モデル

- 阪神高速道路の劣化予測モデル：マルコフ過程の概念※を前提とした確率推移行列を採用。
 - ⇒ 劣化のばらつきを定量化することで劣化リスク評価可能。
 - ⇒ 工種単位で劣化モデルを設定。
- H-BMS構築時は、劣化予測モデルを以下の考え方に基づいて作成。
 - ① 舗装：実際の点検結果（わだち掘れ量、ひび割れ率、平坦性）を反映。
 - ② 塗装：塗替周期を予め設定。（フッ素60年、フッ素以外40年と想定）
 - ③ 伸縮継手：取替周期を予め設定。（鋼製40年、ゴム製15年、ノージョイント29年と想定）

劣化予測手順

点検データ抽出

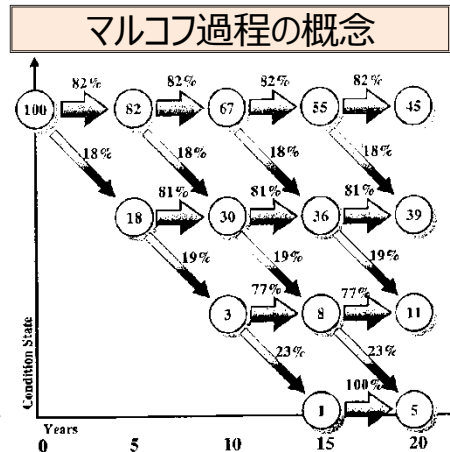


- 同一箇所における
- 2回の点検結果
 - 点検間隔

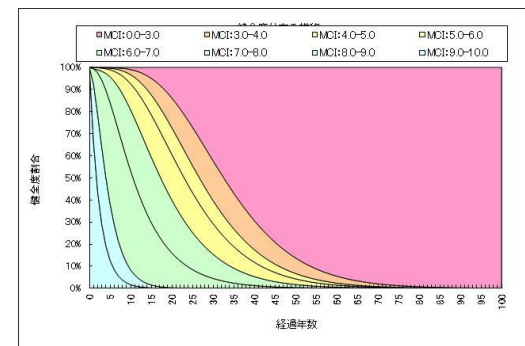
これらの情報を1レコードとする入力データを作成

劣化予測

点検データをマルコフ過程の概念に従って統計処理することによって、1年後の健全度低下確率を算出



損傷分布の推移



※ N+1期の健全度は、その1期前のN期の健全度だけに依存する

- 法令点検1巡目完了時点の舗装保全率及び構造物保全率(実績値)は、定期点検の措置前点検結果を基に以下の通り設定。(* 数値が高いほど健全な状態を意味)

	資産数		構造物保全率	備考	
	総数	Aランク以上			
舗装	1,379,047	139,308	0.800	車線毎の延長(m)で評価	
伸縮継手	6,859	1,828	0.733		
塗装	上部工	6,764	1,067	0.842	
	下部工	1,246	136	0.891	
コンクリート桁	3,228	725	0.775		
コンクリート床版	5,133	1,111	0.784		
コンクリート橋脚	7,453	999	0.866		
支承	15,323	799	0.948		

舗装保全率： MCI(維持管理指数) ≤ 5.6をAランク以上と評価

構造物保全率： Aランク以上の損傷が存在しない径間(橋脚)数と評価
舗装、伸縮継手、塗装以外は、参考値

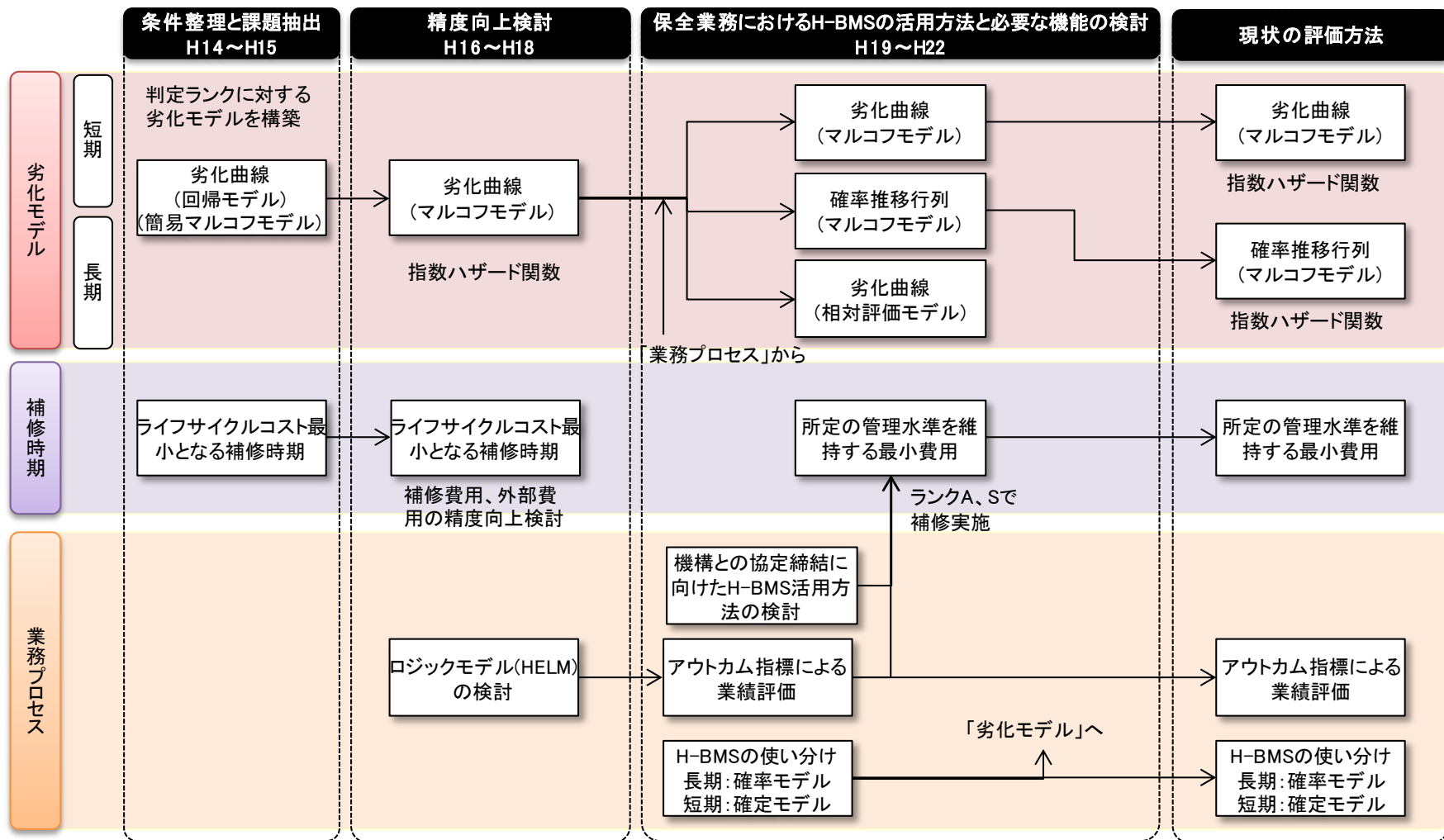
- ① 舗装：実績値（舗装保全率）が、H-BMSの試算値と概ね整合。
- ② 伸縮継手：実績値（構造物保全率）が低い。
- ③ 塗装：実績値（構造物保全率）は、試算値と概ね整合。
- ④ 上記以外の工種：単純比較できないため、参考値。

	資産数		構造物保全率	推計値		備考	
	総数	Aランク以上		平均	95%		
舗装	1,379,047	139,308	0.800	0.787	0.755	車線毎の延長(m)で評価	
伸縮継手	6,859	1,828	0.733	0.826	0.822		
塗装	上部工	6,764	1,067	0.842	0.878	0.865	
	下部工	1,246	136	0.891	0.879	0.860	
コンクリート桁	3,228	725	0.775	0.715	0.698	参考	
コンクリート床版	5,133	1,111	0.784	0.914	0.910	参考	
コンクリート橋脚		7,453	999	0.866	0.647	0.626	上段：柱部
					0.640	0.609	下段：梁部
支承	15,323	799	0.948	0.757	0.737		

参考資料

過年度の推計結果の整理

- H-BMSは、2002年度から検討・構築を開始、2003年度にプロトタイプが完成。
- 2004～2006年度は、精度向上を目指したが、改めて利用場面が課題となった。
- 2007年度以降は、利用場面を整理し、用途に応じた劣化モデルを使うこととした。
- 長期的な推計には、ばらつきを考慮可能な確率モデル、短期的には確定モデルとした。



- H-BMSは、2002～2012年度の「道路資産管理システム分科会」で議論。
- 当時の検討では、劣化モデルやLCC評価モデルの構築に加え、維持管理業務のあり方(業務プロセス)や政策評価手法(ロジックモデル)など、対象が多岐に及んだ。

		H14年度	H15年度			H16年度			H17年度			H18年度			H19年度		H20年度		H21年度		H22年度				
		1st	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd			
H-BMS	基礎検討	↔																							
	モデルの構築		←————→																						
	モデルの改良	劣化の要因分析 劣化モデルの見直し				←————→																			
		LCCモデルの見直し 予測モデルの見直し														←————→									
		工種の追加 (トンネル、土工等)																	←————→						
	算出結果の活用	コスト縮減検討 相対評価							↔						↔										
管理会計 財務分析				↔																←————→					
システム構築	試作																								
	運用、改良																								
アセットマネジメント	保全情報管理システムの改良																								
	ロジックモデル(HELM)の構築																								
	業務プロセスの構築																								
	Hanshinn-Wikiの構築																								

- 対象：修繕のみ
- 期間：45年（償還時の管理水準を適正に維持）
- 劣化モデル：判定ランクの推移をマルコフモデルで記述（確率推移行列、劣化曲線を作成）
- 阪神高速の業務プロセスを整理し、以下の2つの使い道を提案
- 長期維持管理計画のための支援情報提供（確率モデル）→ H-BMS長期
- 修繕の優先順位を判断支援（確定モデル）→ H-BMS短期

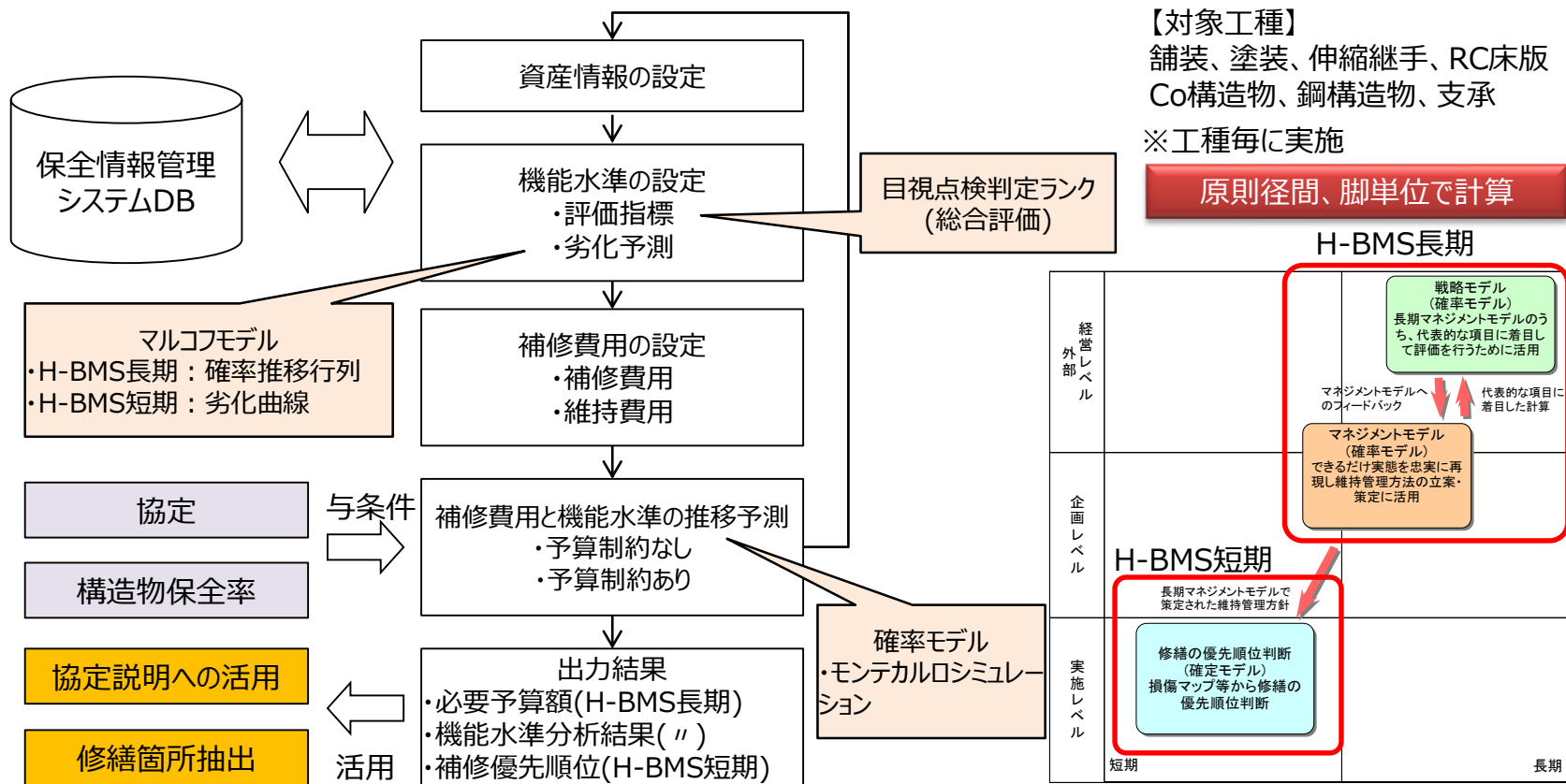


図 H-BMSの使い分け概念

- H-BMSでは、工種単位に将来予測を実施するようモデルを作成した。
- 鋼床版・鋼製橋脚は、疲労損傷対策が別途検討されていたため本モデルから除外した。
- ASR損傷対策も別途検討されていたため、本モデルから除外した。

部材	グループ1	グループ2	計算単位	総グループ数
舗装	床版種別(3種類) RC床版、鋼床版、土工		径間・車線 (m^2)	3種類
伸縮継手	形式別(4種類) 鋼製、簡易鋼製、ゴム、その他		径間・車線 (m)	4種類
塗装	部位別(3種類) 端部、中央部、橋脚部		径間or基 (m^2)	3種類
床版	構造別(3種類) RC床版、PC床版、補強済床版		径間 (m^2)	3種類
鋼桁	1種類		径間 (m^2 、箇所)	1種類
支承	位置別(2種類) 端支点、中間支点	支承区分(5種類) 積層ゴム、ゴム、BP、ピン・ローラ 類、その他	支承線(本) (支承5基/支承 線と仮定)	10種類
コンクリート桁	構造別(2種類) RC桁、PC桁、RC床版部		径間 (m^2)	3種類
コンクリート橋脚	構造別(4種類) 梁部PC、梁部RC、柱部補強無、柱部補強済		基(m^2) (梁、柱)	4種類

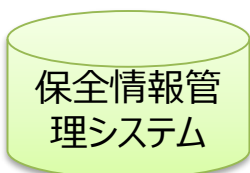
劣化予測モデル

- 長期的な推計を実施する場合には、確率推移行列を用いた。
- 長期的には、劣化のばらつきによって確定的な評価が難しく、確率的評価によってばらつきを定量評価することが維持管理のマネジメント上望ましいと判断した。

- 阪神高速道路の劣化モデル：マルコフ性※を前提とした確率推移行列を採用。
 - ⇒ 劣化のばらつきを定量化することで劣化リスク評価可能。
 - ⇒ 工種単位で劣化モデルを設定。

劣化予測手順

点検データ抽出

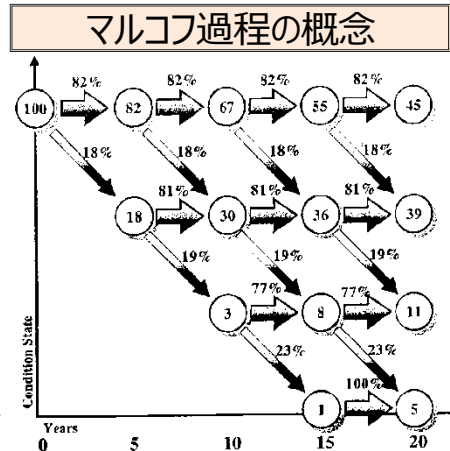


- 同一箇所における
- 2回の点検結果
 - 点検間隔

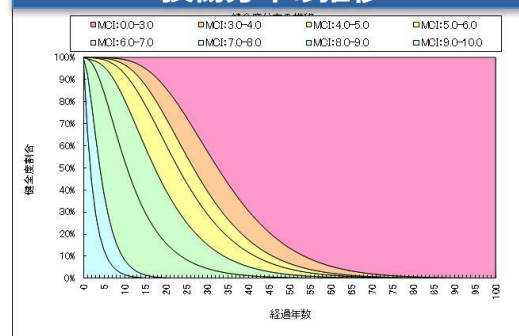
これらの情報を1レコードとする入力データを作成

劣化予測

点検データをマルコフ過程の概念に従って統計処理することによって、1年後の健全度低下確率を算出



損傷分布の推移



※ N+1期の健全度は、その1期前のN期の健全度だけに依存する

- 補修時期は、A、Sランクに到達した時点とする。
- 舗装は、ひび割れ率、わだち掘れ量が阪神高速の判定でAランク以上となったときのMCIを補修時期とした。

補修実施時期

部材	補修実施時期
舗装	MCI ≤ 5.6※
舗装以外	A、Sランク

補修実施MCIの根拠

補修実施判定ランク

判定ランク		わだち掘れ量 (mm)					
		A	B1	B2	C	OK	
ひび割れ率 (%)	A	15~	4.15	4.60	4.98	4.98	4.98
	B1	10~15	4.54	4.99	5.48	5.55	5.55
	B2	5~10	5.11	5.56	6.05	6.39	6.39
	C	0~5	5.60	6.41	7.29	8.83	10.0
	OK	0	5.60	6.41	7.29	8.83	10.0

判定区分	損傷状況	
S	S1	機能低下が著しく、道路構造物の安全性から緊急に対策の必要がある場合
	S2	第三者への影響があると考えられ、緊急に対策の必要がある場合
A	機能低下があり、対策の必要がある場合	
B	損傷の状態を観察する必要がある場合	
C	損傷が軽微な場合 (定期点検の区分)	
OK	上記以外の場合	

: 共に A
 : どちらか一方が A

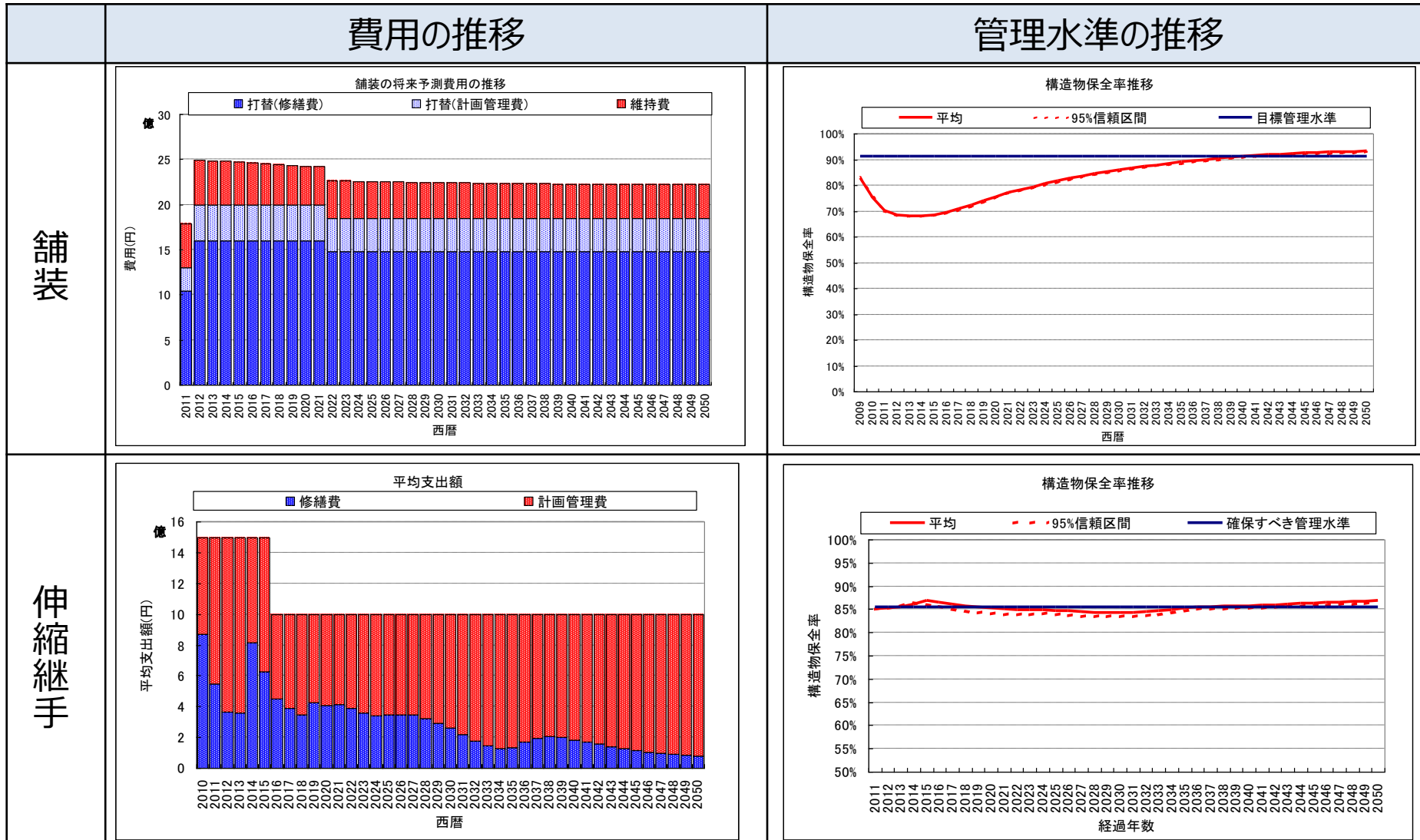
- 管理水準は、構造物保全率、舗装保全率を用いた。
- 検討当時は、アウトカム指標として構造物保全率が設定されたためである。

推計に用いた管理水準

$$\text{構造物保全率} = 1 - \frac{\text{Aランク以上の損傷がある径間(橋脚)数}}{\text{全径間(橋脚)数}}$$

$$\text{舗装保全率} = 1 - \frac{\text{MCI} \leq 5.6 \text{の舗装面積}}{\text{全舗装面積}}$$

- 推計開始時点の管理水準を長期的に維持可能な費用を導出した。



- 推計開始時点の管理水準を長期的に維持可能な費用を導出した。
- 塗装は、上部工・下部工に分けた。

	費用の推移	管理水準の推移
塗装(上部工)	<p>平均支出額</p>	<p>構造物保全率推移</p>
塗装(下部工)	<p>平均支出額</p>	<p>構造物保全率推移</p>

- 推計開始時点の管理水準を長期的に維持可能な費用を導出した。
- 修繕では、表面防護工を用いた。

	費用の推移	管理水準の推移
コンクリート桁	<p>平均支出額</p>	<p>構造物保全率推移</p>
コンクリート脚	<p>平均支出額</p>	<p>構造物保全率推移</p>