

第12回新都市社会技術セミナー
2015年9月15日

舗装アセットマネジメント高度化に 関する研究

プロジェクトリーダー
京都大学 松島格也

1. 概要

■研究の目的

- 中長期的なライフサイクルコストの最小化に資する道路舗装維持更新戦略の立案を目指して、点検データを活用した統合的なデータベースを構築し、高度化された道路舗装アセットマネジメントシステムを提案する

■研究の内容

- 道路舗装に関する統合データベースシステム構成の検討
- 道路舗装維持修繕費用に関する中長期的予算の推計
- 舗装状態と道路構造との関係の分析
- 道路舗装アセットマネジメントの高度化に資する統合データベースシステムの構築
- PDCAサイクル実現のためのロジックモデルの構築
- 意思決定主体の階層性に対応したマネジメントモデルの提案

■研究期間

- 平成26年-平成29年3月

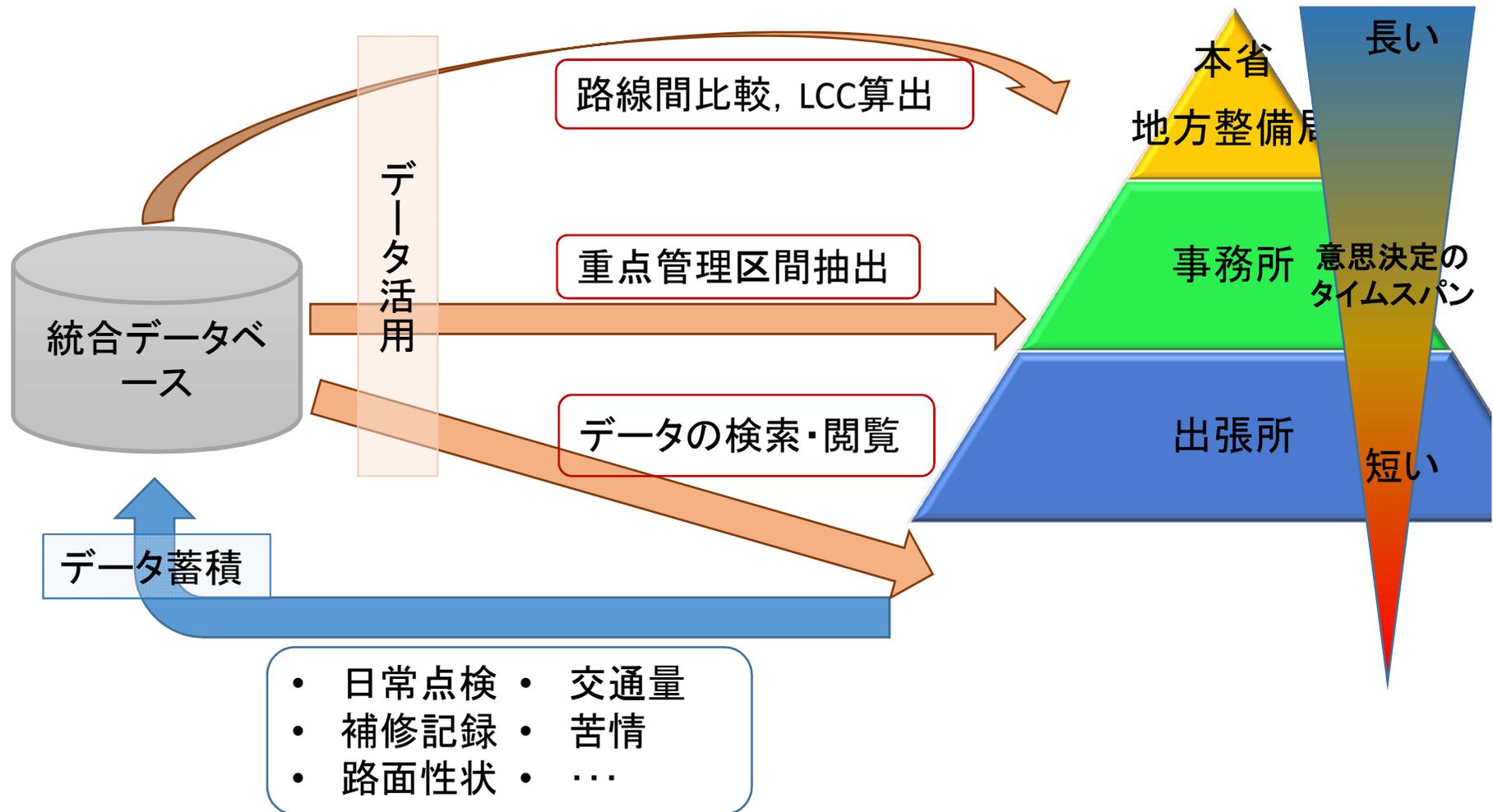
■参加メンバー

- 産 (株) パスコ (株) オリエンタルコンサルタンツ
- 学 京都大学, 大阪大学
- 官 道路部・近畿技術事務所・滋賀国道事務所

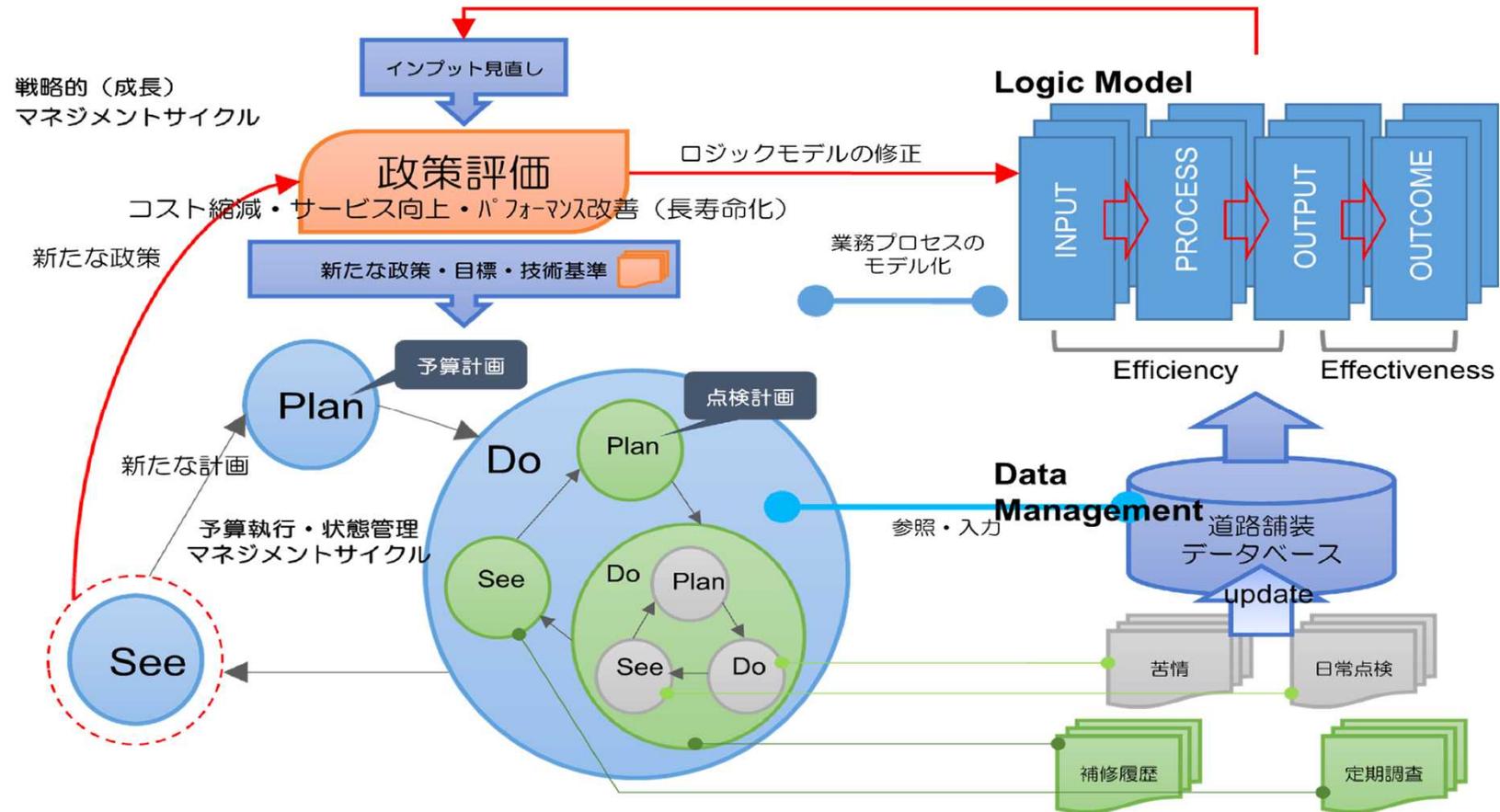
項目	H26年度	H27年度	H28年度
道路舗装に関する統合データベースシステム構成の検討	■		
道路舗装維持修繕費用に関する中長期的予算の推計	■		
舗装状態と道路構造との関係の分析		■	
道路舗装アセットマネジメントの高度化に資する統合データベースシステムを構築		■	■
PDCAサイクル実現のためのロジックモデルの構築			■
意思決定主体の階層性に対応したマネジメントモデルの提案			■

2. 道路舗装に関する統合データベースシステム構成の検討

データベースの構築と運用



意思決定階層性に対応したマネジメントモデル



➡ ロジックモデルを有効活用するために
1. 意思決定の階層性を考慮, 2. データ蓄積や抽出手法の効率化
が必要

入力データの整理

管理者:出張所(毎日)

ふれあいレポート

場所

上下線区分・距離標・日付

内容メモ

維持作業完了確認簿

着手日

完了日

作業名

作業区間

管理者:国道事務所(新規作成時)

道路台帳付図データ

交差点数, 信号数, カーブの有無, 店舗数

舗装路面性状データ

歩道有無, 停車帯有無

管理者:近畿技術事務所(調査時)

路面性状調査

・調査年号、年、月

・ひび割れ率

・轍掘れ量(最大・平均)

・平坦性

・構造物特性→排水性か密粒か
→土工部か橋梁部か

・地域(一般・雪寒・積雪・寒冷)

・沿道区分{山間, 平地, 市街地

交通センサスデータ(5年毎)

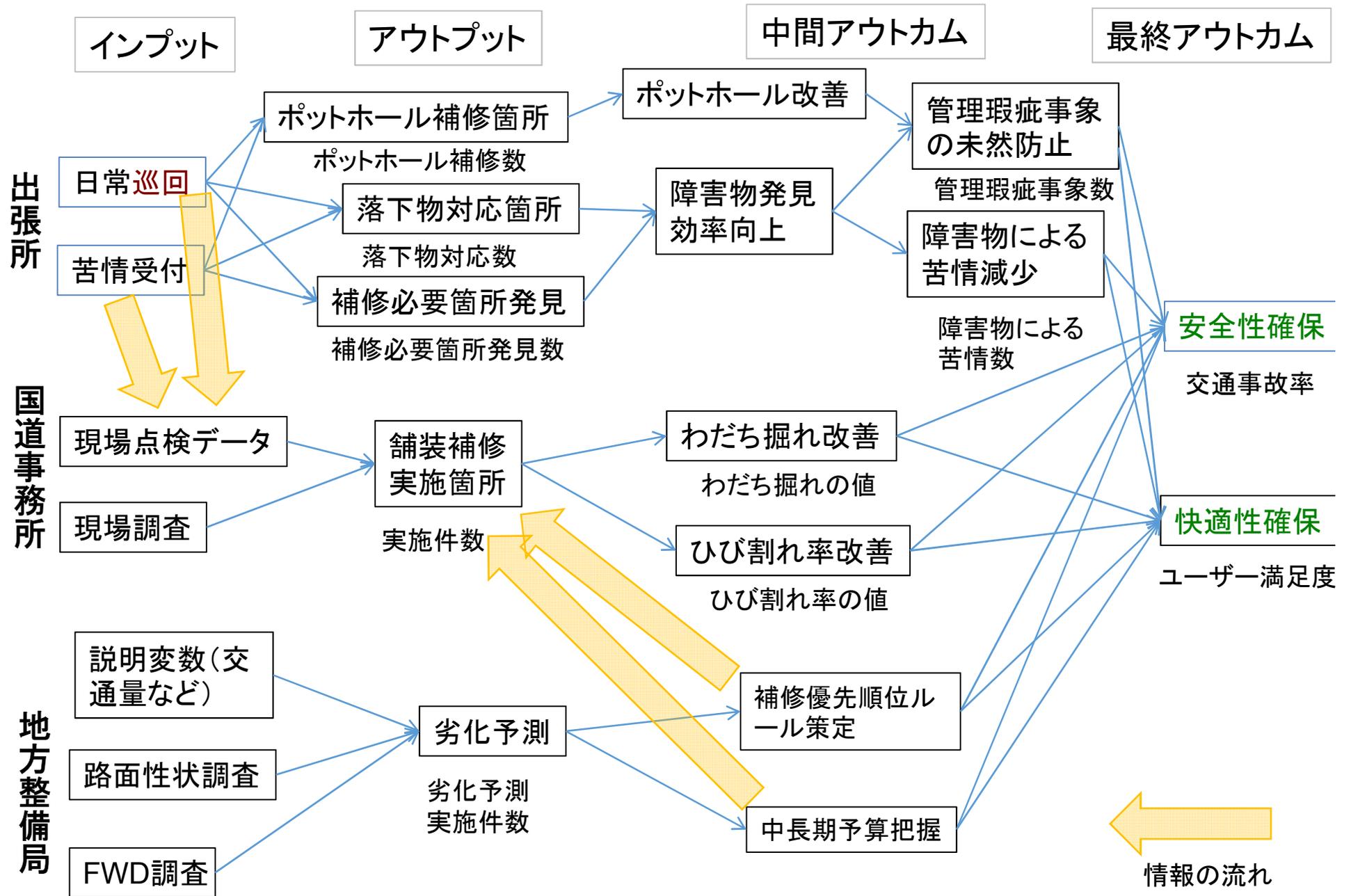
車線数, 自動車交通容量(24時間), ピーク時区間旅行速度, 旅行時間,

昼間交通量, 夜間交通量, ピーク時交通量

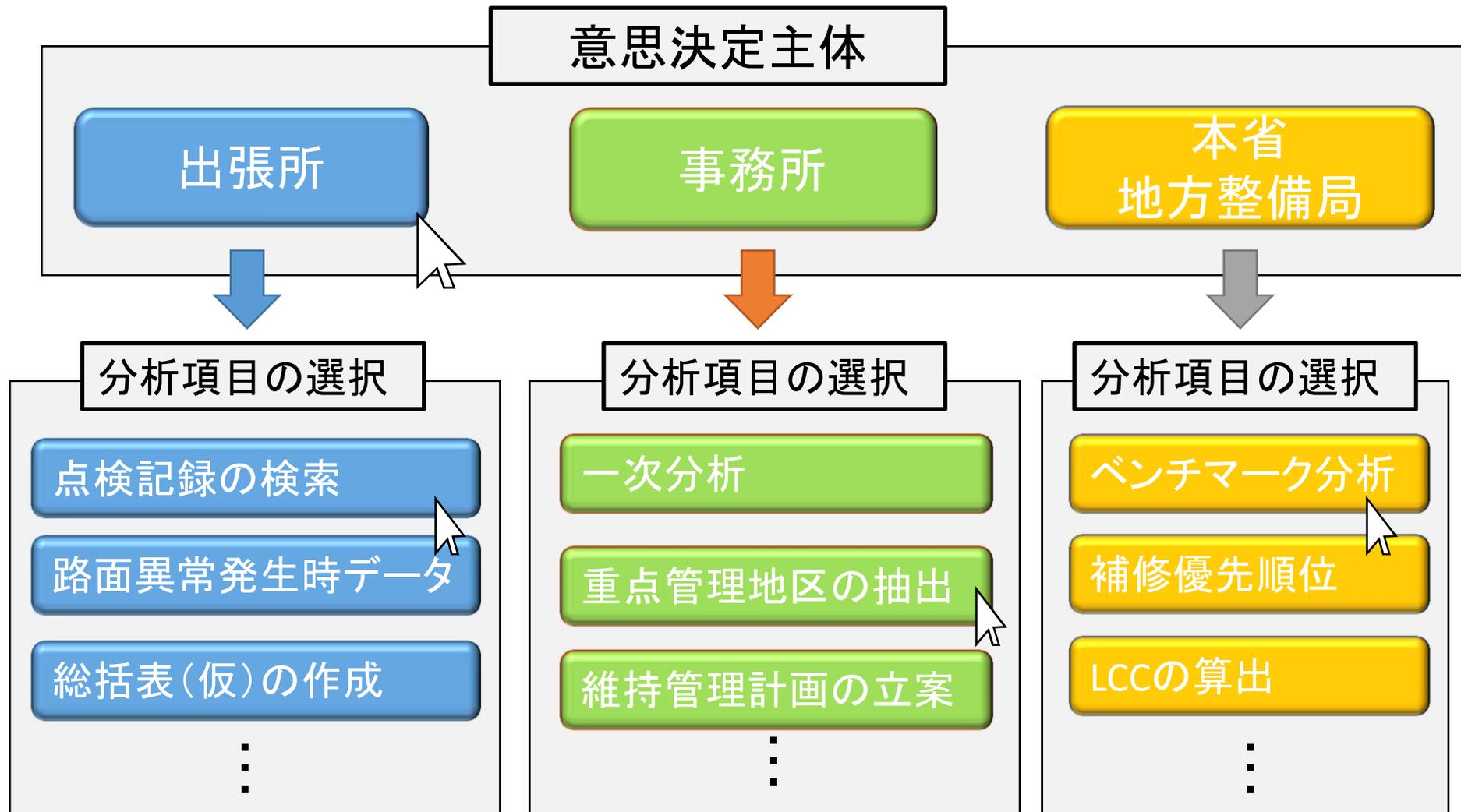
平日24時間交通量(小型貨物車・普通貨物車), 総貨物車交通量(昼間・夜間),

自動車昼夜率, 大型車混入率

道路舗装ロジックモデル



データベースシステムのインターフェース



3. 道路舗装維持修繕費用に関する中長期的予算の推計

3-1 データ整理

- 使用データ：路面性状調査
 - 対象：近畿地方整備局11事務所，31出張所が管轄する国道の点検データ(総延長3,800km)
 - 点検実施年：2007年～2014年
 - 評価指標：ひび割れ，わだち掘れ，IR
 - 使用データは全て20mピッチの路面性状データ
- 2回の路面性状データのみでサンプルを獲得
(補修のデータは使用しない)
- 状態が回復しているサンプルは使用しない
- 劣化要因の候補
 - 道路構造 【土工部，橋梁部】
 - 表層種別 【密粒舗装，排水性舗装】
 - 大型車交通量
 - 地域特性 【積寒地域，一般地域】

サンプル数

健全度	ひび割れ Cr(%)
1	$0 \leq Cr < 10$
2	$10 \leq Cr < 20$
3	$20 \leq Cr < 30$
4	$30 \leq Cr < 35$
5	$35 \leq Cr < 40$
6	$40 \leq Cr$

	事後健全度						合計	
	1	2	3	4	5	6		
事前健全度	1	19,965	4,944	1,802	490	315	802	28,318
	2		797	960	290	225	497	2,769
	3			184	189	140	464	977
	4				14	31	174	219
	5					11	115	126
	6						316	316
合計	19,965	5,741	2,946	983	722	2,368	32,725	

3-2 混合マルコフ劣化モデルによる劣化予測

グループ毎の期待劣化パスを算出

標準ハザード率

$$\lambda_i = \exp(x\beta_i)$$

説明変数

未知パラメータ

個別ハザード率

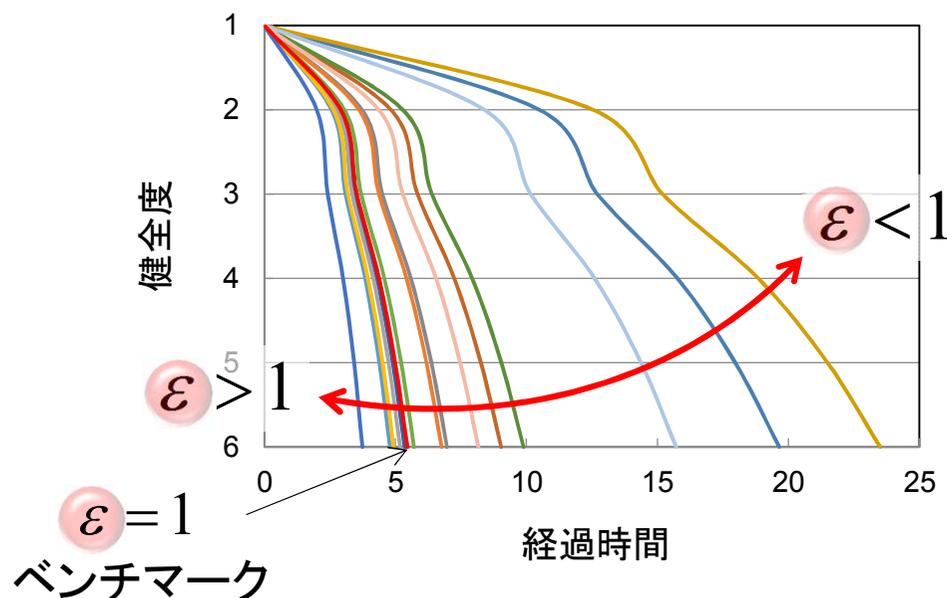
$$\lambda_i^k = \exp(x\beta_i)\varepsilon^k$$

異質性

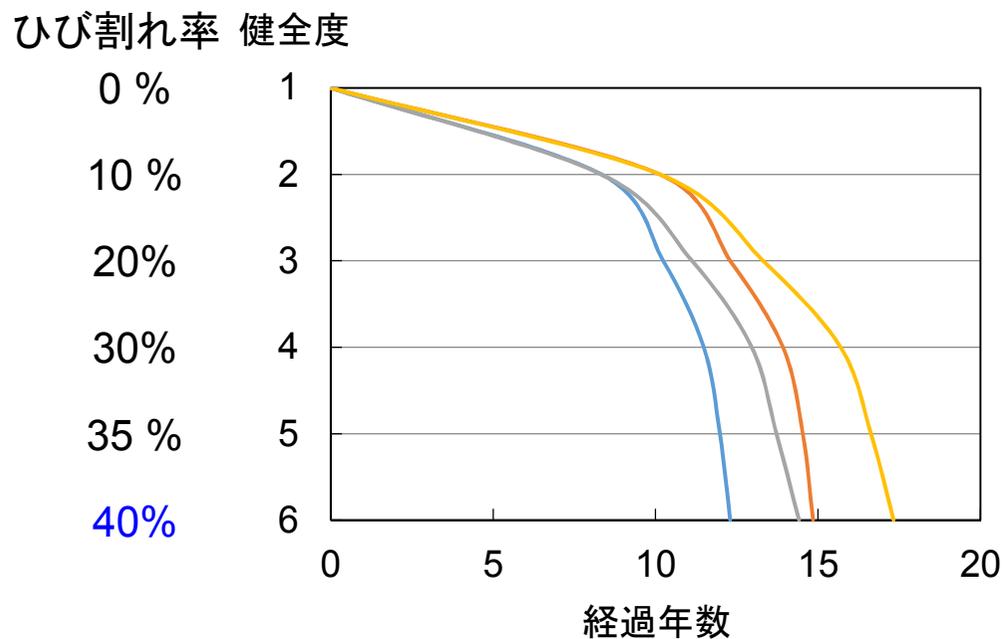
説明変数では表現できない要因



グループごとに設定
事務所単位
出張所
路線



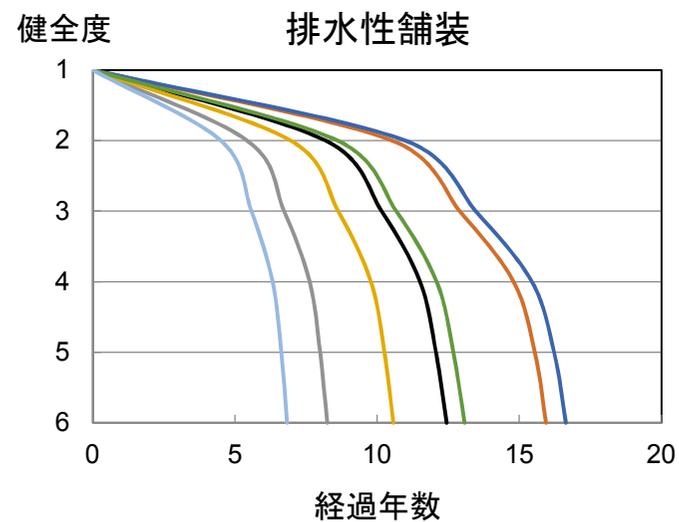
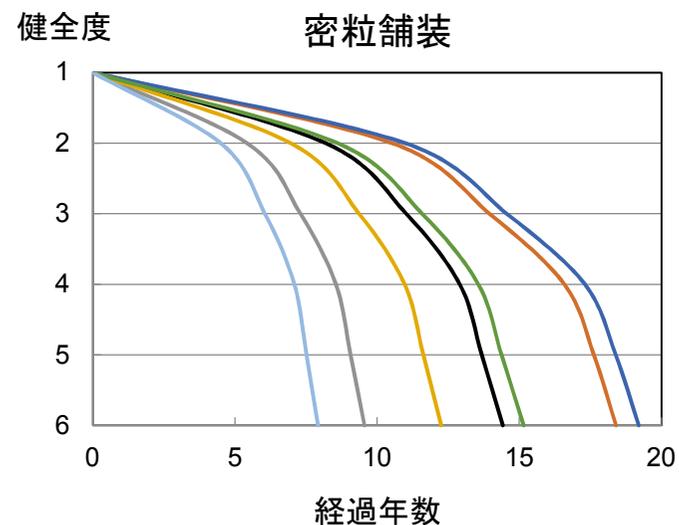
劣化予測結果【ひび割れ率】



	舗装種別	大型車交通量	期待寿命
—	排水性舗装	3000台/(車線・日)未満	12.3年
—	排水性舗装	3000台/(車線・日)以上	14.8年
—	密粒舗装	3000台/(車線・日)未満	14.4年
—	密粒舗装	3000台/(車線・日)以上	17.3年

ベンチマーク分析結果 -事務所単位

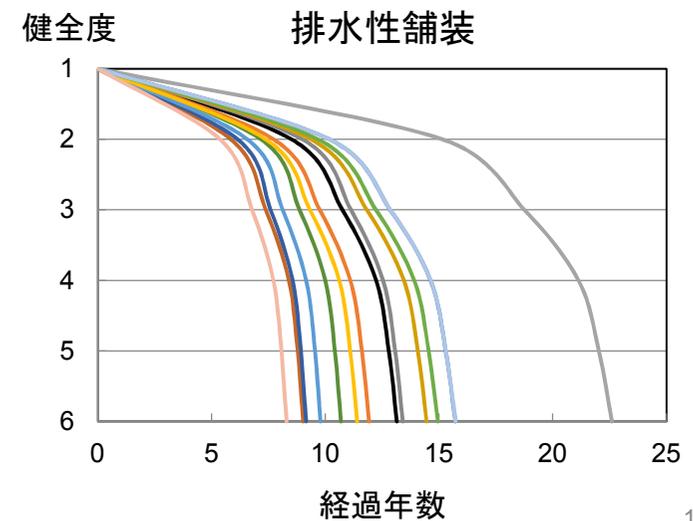
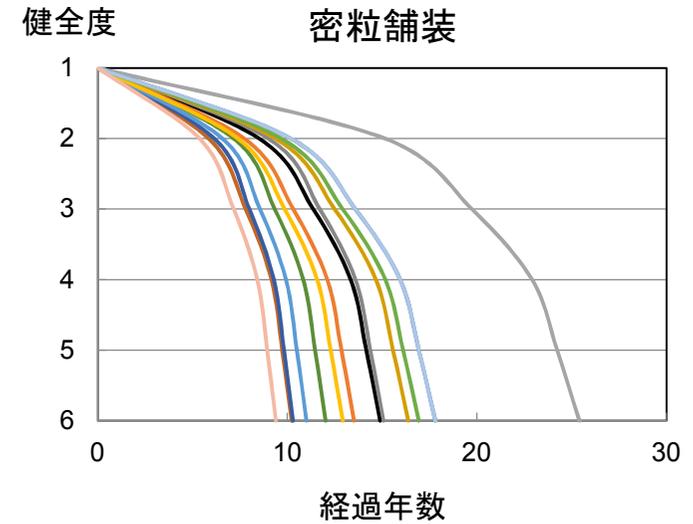
	事務所名	異質性 パラメータ	最小 期待寿命
遅 ↑ ↓ 速	福井河川国道事務所	0.91	19.2
	滋賀国道事務所	0.95	18.4
	福知山河川国道事務所	0.95	15.2
	姫路河川国道事務所	1.18	12.3
	京都国道事務所	1.51	9.6
	豊岡河川国道事務所	1.82	7.9



ベンチマーク分析結果 -出張所単位

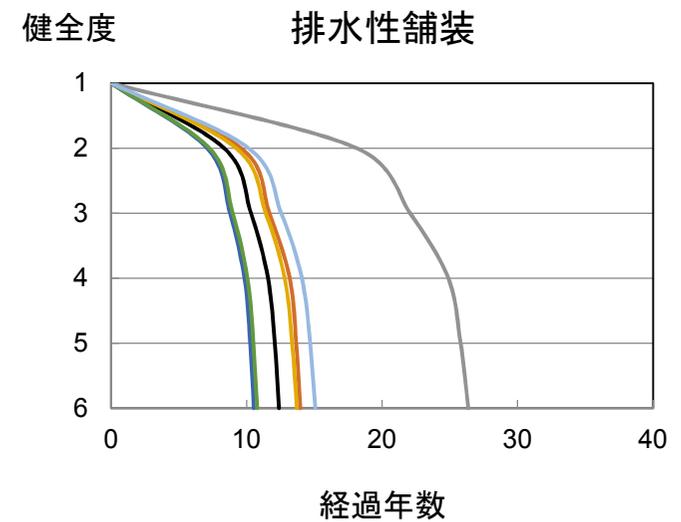
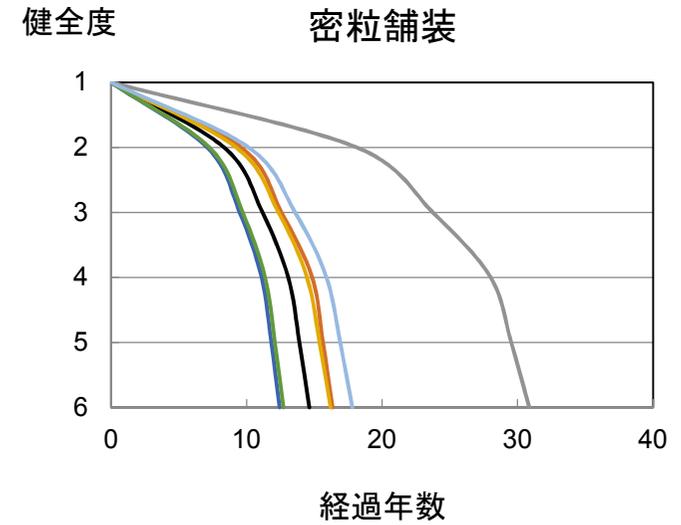
出張所名	異質性 パラメータ	最小 期待寿命
姫路第一維持出張所	0.48	54.9
草津維持出張所	0.64	38.6
京都第二維持出張所	0.78	33.8
福井国道維持出張所	0.81	32.61
姫路第二維持出張所	0.83	31.7
山崎維持出張所	0.82	30.2
堅田維持出張所	0.95	26.3
小浜国道維持出張所	0.98	25.5
彦根維持出張所	1.06	24.8
綾部国道維持出張所	1.05	23.6
福知山国道維持出張所	1.25	19.8
敦賀国道維持出張所	1.29	19.3
八鹿国道維持出張所	1.53	16.3

遅
↑
↓
速



ベンチマーク分析結果 - 路線単位

	路線名	異質性 パラメータ	最小 期待寿命
遅 ↑ ↓ 速	21号線	0.60	26.4
	27号線	0.90	15.1
	8号線	1.14	14.0
	161号線	0.99	13.7
	29号線	1.26	10.8
	9号線	1.29	10.5



3-3 LCC評価と補修戦略

ライフサイクル費用(LCC):

施設の維持, 補修のために発生する費用の流列

- LCCが小さくなる補修施策を検討
- 最適な補修施策を踏まえ, 中長期的な予算動向を把握
- マルコフ推移確率を用いた
確率的なシミュレーションを行い, LCCを算出

リスク

- **リスク**を以下のように定義し，路面の健全性を評価

ひび割れ率が
管理限界に達している延長(km)

リスク: $r = \frac{\text{ひび割れ率が管理限界に達している延長(km)}}{\text{総延長(km)}} \quad (\%)$

健全度	ひび割れ Cr(%)
1	$0 \leq Cr < 10$
2	$10 \leq Cr < 20$
3	$20 \leq Cr < 30$
4	$30 \leq Cr < 35$
5	$35 \leq Cr < 40$
6	$40 \leq Cr$

例) 総延長100km_リスク10%

総延長100kmのうち10kmの区間で
40%以上のひび割れ率が観測される

詳細条件

- 対象：近畿地方整備局管轄の全路線
⇒ 11事務所, 31出張所, 23路線 (総延長3800km)
- 評価指標：ひび割れ率
- シミュレーション回数：1000回
- 管理年数：50年
- 点検, 補修間隔1年(固定)
- 社会的割引率：4%
- 補修時に排水性舗装は密粒舗装に更新されると仮定

補修工法と補修費用

対象健全度	補修後の水準	補修工法	補修単価 円/(m・車線)	備考
4	2	クラック処理	1,277	密粒舗装のみ (オーバーレイを行う間に 2回まで実施可能)
6	1	路面切削	11,582	切削深さ 50mm

算出法

【路面切削】

表層費(密粒舗装)

$$(584\text{円}/\text{m}^2 + 2,480\text{円}/\text{m}^2) \times 3.5\text{m}/\text{車線} \times 1.08 = \underline{11,582\text{円}/(\text{m} \cdot \text{車線})}$$

路面切削工費

消費税率

クラック処理について

※ひび割れ1mあたりの補修単価で算出されている

提供情報: 591 円/m

クラック処理の対象となる健全度4(ひび割れ率30%)の状態では
充填延長2m/(m・車線)であると仮定する

算出法 【クラック処理】

$$2\text{m}/(\text{m}\cdot\text{車線}) \times 591\text{円}/\text{m} \times 1.08 = \underline{1,277\text{円}/(\text{m}\cdot\text{車線})}$$

消費税率

予算制約について

各事務所が1年間に実施できる工事の量には人員的な限界が存在する



予算の制約

$$\sum (X \sim Z) \leq K \text{ 億円}$$

事務所体力の制約 (実予算額から算出)

$$\begin{aligned} A_{max} &\geq X \\ &\text{かつ} \\ B_{max} &\geq Y \\ &\text{かつ} \\ C_{max} &\geq Z \end{aligned}$$

予算制約一覽

都道府県	事務所名	管理延長(km)	舗装補修事業費(千円)			過去3カ年最高額(千円)	予算制約(事務所)(千円)
			H23	H22	H21		
福井	福井河川国道事務所	398.26	40,568	4,218	46,156	46,156 → 46,156	
滋賀	滋賀国道事務所	349.5	30,386	20,136	352,309	352,309 → 352,309	
京都	京都国道事務所	367.88	28,638	45,137	305,200	305,200	→ 179,931.1
	福知山河川国道事務所	256.12					→ 125,268.9
大阪	大阪国道事務所	628.82	23,791	5,360	-	23,791 → 23,791	
兵庫	兵庫国道事務所	568.7	37,799	103,824	426,957	426,957	→ 257,957.7
	姫路河川国道事務所	281.46					→ 127,668
	豊岡河川国道事務所	91.12					→ 41,331.3
奈良	奈良国道事務所	330.52	31,632	809	237,120	237,120 → 237,120	
和歌山	和歌山河川国道事務所	232.9	-	2,512	389,076	389,076	→ 223,510.9
	紀南河川国道事務所	172.52					→ 165,565.1
計		3,677.8	192,814	181,996	1,756,818	1,780,609	1,780,609

全体予算制約

- 予算制約は過去3年の事業費のうちの最高額
- **事務所体力**は都道府県毎の事業費から管理延長比で算出

補修優先順位の決定法

現場の感覚:

ひび割れ率, わだち掘れの値の大きい区間から補修を行う

⇒ シミュレーション上ではひび割れ率の値は考慮できない

⇒ 条件を複数設定し, 補修優先順位を決定



- 優先順位①: 予防保全より事後補修を優先
- 優先順位②: 補修待機年数の大きい区間を優先
- 優先順位③: 異質性パラメータの大きい(劣化速度が相対的に速い)区間を優先

ベンチマーク分析により算出

最もグループ数の多かった出張所単位を対象とする

補修戦略

今回は、評価指標【ひび割れ率】を用いて
事後保全型，予防保全型の2つの戦略比較を行う

補修戦略		戦略1	戦略2
		ひび割れ率	ひび割れ率
健全度	1	-	-
	2	-	-
	3	-	-
	4	なし	クラック処理
	5	-	-
	6	路面切削	路面切削

事後保全

予防保全

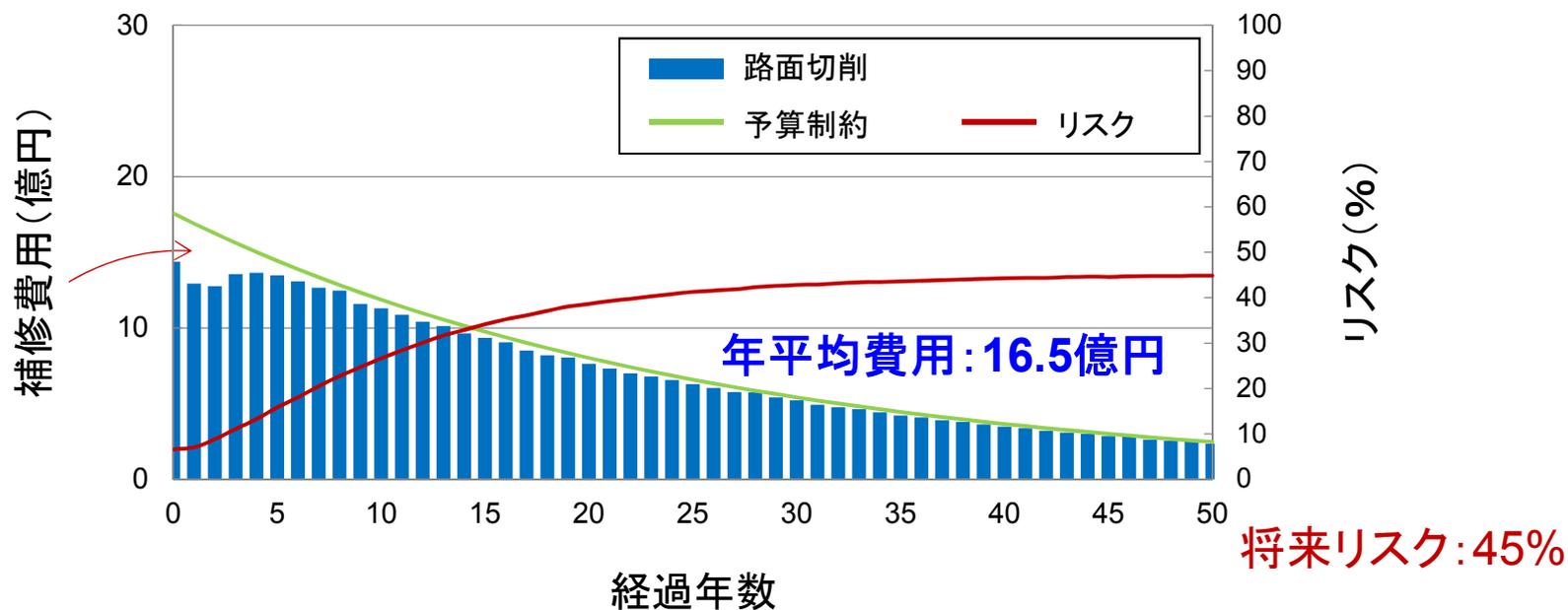
基本検討パターン

検討パターン	戦略	予算制約	事務所 体力制約
1	事後保全	あり	あり
2			なし
3		なし	あり
4			なし
5	予防保全	あり	あり
6			なし
7		なし	あり
8			なし

- パターン1,5: 現状の管理状態を再現したシミュレーション
- パターン4,8: 最も理想的な管理を行った場合のシミュレーション

シュミレーション結果【パターン1】

検討パターン	戦略	予算制約	事務所 体力制約
1	事後保全	18億円(現状)	あり

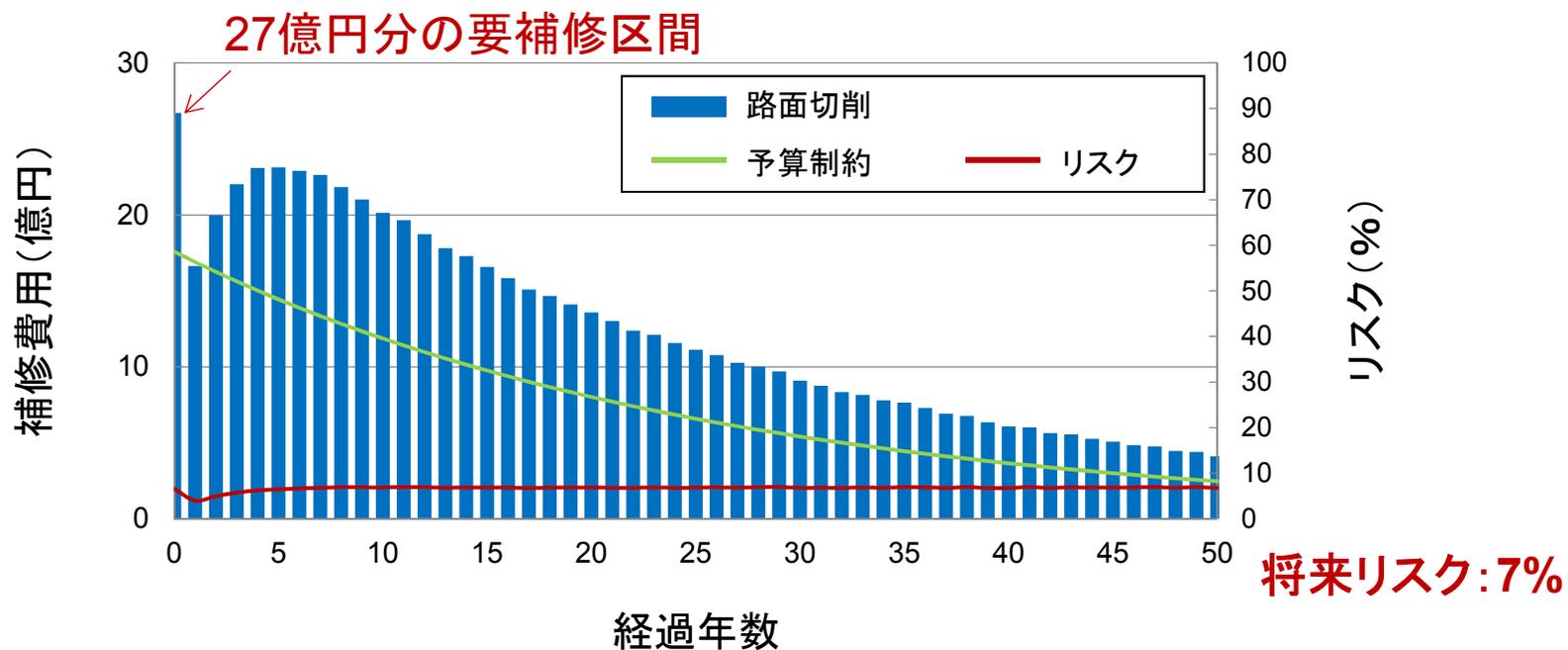


現状の予算制約下では50年後に約45%のリスクを許容することになる

事務所体力の不足により補修が実施されない

シュミレーション結果【パターン4】

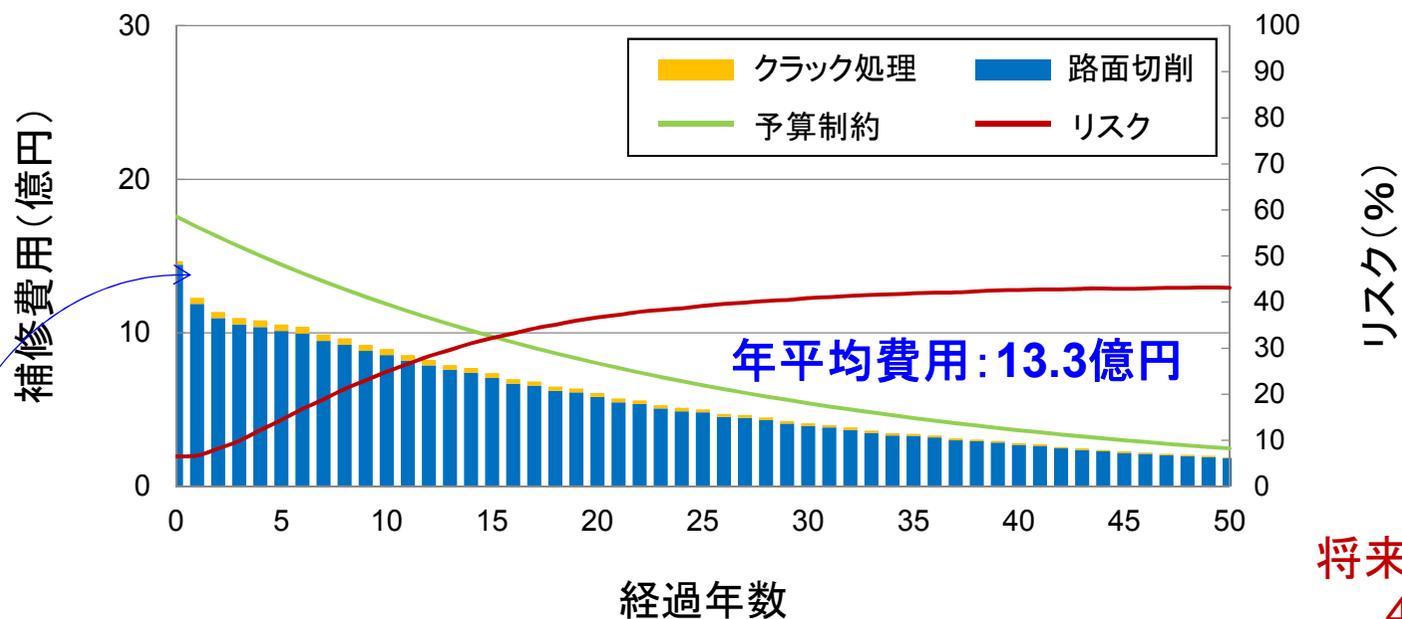
検討パターン	戦略	予算制約	事務所 体力制約
4	事後保全	なし	なし



毎年、補修必要箇所を全て補修するには年平均29億円の予算が必要になる

シュミレーション結果【パターン5】

検討パターン	戦略	予算制約	事務所 体力制約
5	予防保全	18億円(現状)	あり



現状の予算制約下では50年後に約43%のリスクを許容することになる

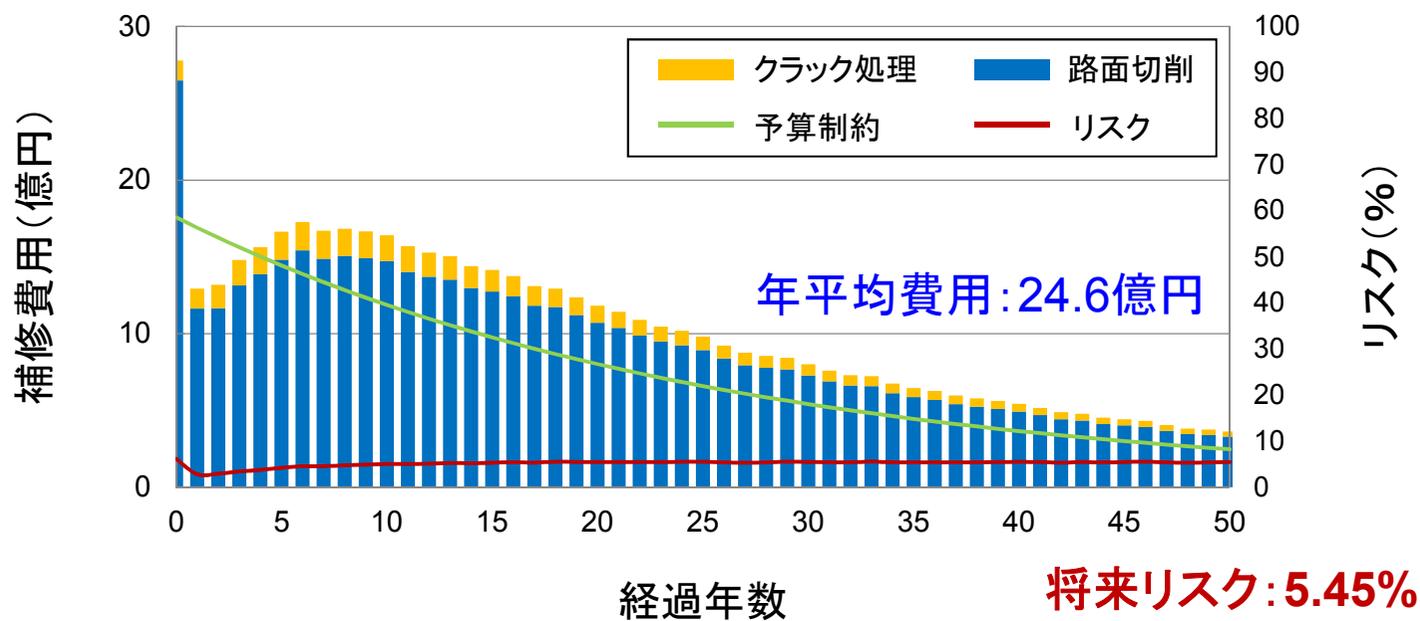
事務所体力の不足により補修が実施されない

シミュレーション詳細【パターン5】

	事務所名(新)	延長 (km)	事務所体力 (億円)	体力使用率 (50年間平均)	平均 事務所体力 余り(億円)	リスク(2063年) (%)
1	滋賀国道事務所	365.9	3.52	0.55	1.57	4.23
2	京都国道事務所	370.5	1.80	1.00	0	48.60
3	大阪国道事務所	631.5	0.24	1.00	0	94.94
4	兵庫国道事務所	568.3	2.58	1.00	0	44.43
5	姫路河川国道事務所	280.9	1.28	1.00	0	57.90
6	福井河川国道事務所	404.8	0.46	1.00	0	77.57
7	福知山河川国道事務所	260.2	1.25	1.00	0	30.41
8	豊岡河川国道事務所	93.7	0.41	1.00	0	57.98
9	奈良国道事務所	330.6	2.37	0.62	0.89	3.62
10	和歌山河川国道事務所	235.6	2.24	0.48	1.16	3.29
11	紀南河川国道事務所	173.1	1.66	0.45	0.91	3.33
	近畿地方整備局	3715.1	17.57	0.75	4.31	45.30

シュミレーション結果【パターン8】

検討パターン	戦略	予算制約	事務所 体力制約
8	予防保全	なし	なし



年平均費用24.6億円(現状の予算制約+6.6億)

予防保全導入により44.4億円の節約(パターン4との比較)

4. まとめと今年度以降の予定

- 統合データベースシステム構成の検討
 - 意思決定主体の階層性を考慮
 - ロジックモデルを通じたPDCAサイクルの推進
- 道路舗装維持補修に関する中長期予算の推計
 - 出張所、路線単位でのベンチマーク分析を行い、重点管理区間を抽出
 - 確率的なシミュレーションにより、現状の政策における必要費用、リスクの動向を分析
 - 初年度に多額の投資を必要とする
 - 予算総額と事務所毎の予算制約に起因しリスクが高まる
 - 予算、事務所体力の配分がリスク、必要費用に与える影響を定量的に評価し、より効率的な維持管理施策の検討
- 今後の方針
 - 統合データベースの検討：ロジックモデルの構築、会計情報との連動
 - 劣化予測・LCC分析：道路構造との関係を精査