

2011年9月12日

第8回新都市社会技術セミナー
@近畿地方整備局

道路付帯施設・情報管理施設の アセットマネジメント

京都大学 小林 潔司
大阪大学 貝戸 清之

本プロジェクトの概要

■背景

道路情報板やITV等の道路付帯施設・設備の設置数は膨大であり、日常の点検の費用負担は増加し、補修・更新費用総額が土木施設の維持管理費用総額に占める割合は少なくない。したがって、その最適な点検間隔及び期待ライフサイクル費用を最小化する予防保全戦略を立案することは極めて要請の高い課題である。

従来のアセットマネジメントは土木施設本体に主眼が置かれ、道路付帯施設、情報管理施設に特化したアセットマネジメント(最適点検間隔, LCC評価, リスク定量化)研究はなされていない。

■研究の概要

平成22年度は道路障害物発生リスクと、道路巡回間隔の問題に取り組んだ。具体的には、道路巡回・巡視時における道路障害物(主に障害物, 動物死骸)を対象にこれらの発生過程のモデル化を行い、障害物発生リスクの定量的評価および適切な道路巡回間隔を検討した。

■H22年度の成果

- ・道路障害物発生過程のモデル化(ポアソンモデルに基づく)
- ・障害物発生リスク(VaR指標)を考慮した最適巡回間隔の決定
- ・道路区間の異質性を考慮した重点管理区間の決定

■H23年度の研究内容

道路巡回に代表される維持管理業務の効率化を目指して、

- ・ロジックモデルを用いた業務フロー全体の効率化,
- ・iPad2を用いた道路巡回業務支援システムの開発を実施する。

H22年度の検討概要

道路障害物の発生過程のモデル化

○障害物発生過程のモデル化

(ランダム比例ポワソンモデル)

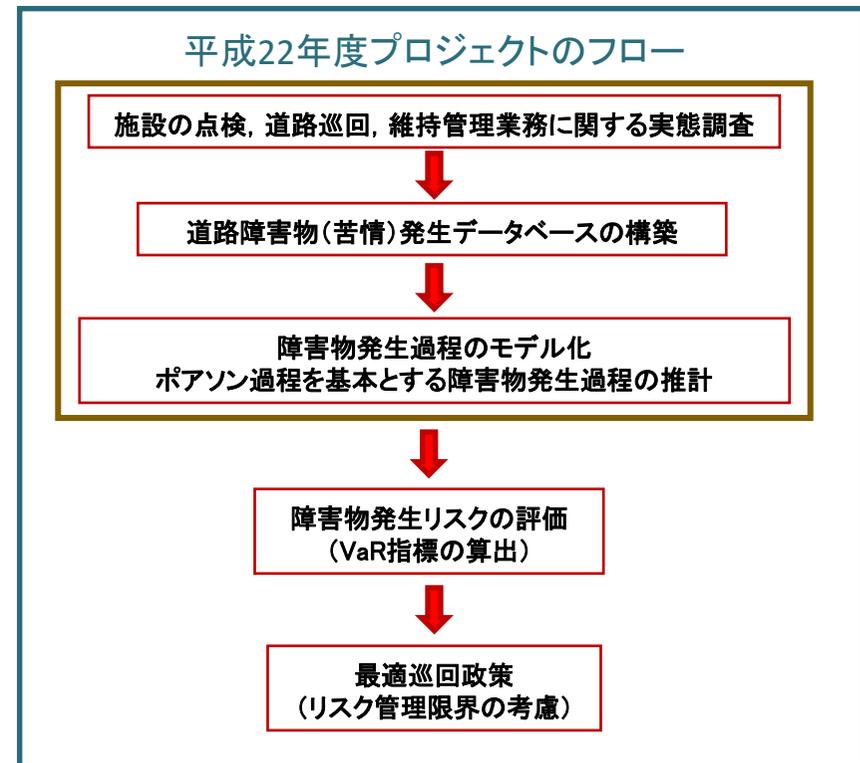
道路巡視・巡回整備時における障害物の発生過程をランダムポワソン発生モデルにより定式化し、発生事象を到着率により表現。

○分析の手順

- ①維持管理業務に関する作業履歴の電子データベース化
- ②ランダム比例ポアソンモデルによる障害物発生過程の推計，障害物発生要因の統計的分析
- ③維持管理単位毎の相対評価

○分析の対象路線

滋賀国道事務所管内一般国道，全線264.5km
(1号線，8号線，21号線，161号線)



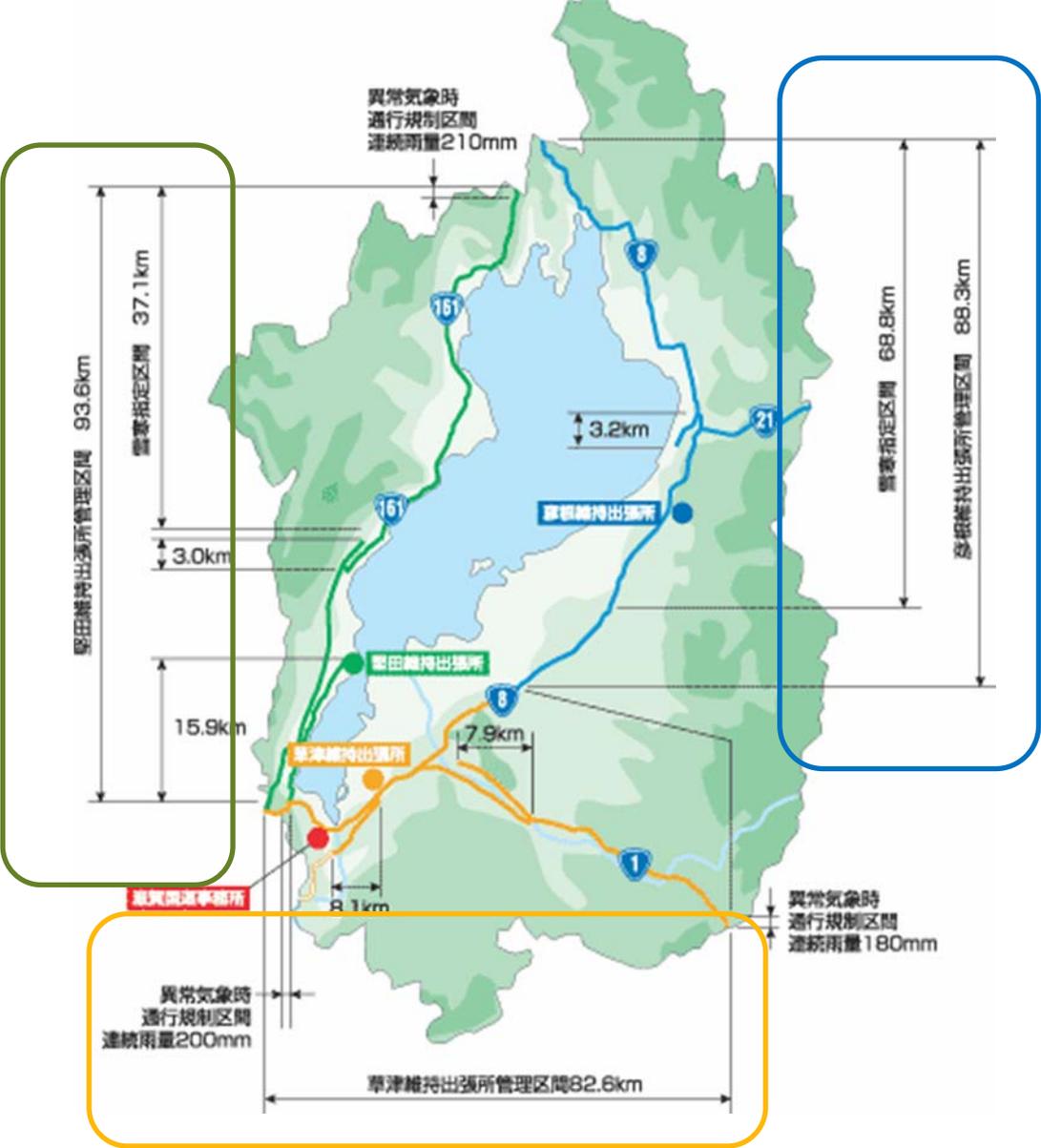
分析対象

滋賀国道事務所管内一般国道
全線264.5km

A出張所
1号線・・・72.1km
8号線・・・10.5km
A1地区
A2地区

B出張所
8号線・・・76.0km
21号線・・・12.3km
B1地区
B2地区

C出張所
161号線・・・93.6km
C1地区
C2地区



今回のデータの内容・データの進捗状況

- 利用可能データ(H21.4～H22.3)

A出張所

A1地区維持作業
A2地区維持作業

巡回日誌, 出来高数量
作業日報, 巡回整備工日誌

B出張所

B1地区維持作業
B2地区維持作業

巡回巡視日誌, 巡回整備日誌
巡回巡視日誌, 巡回整備日誌

C出張所

C1地区維持作業
C2地区維持作業

巡回日誌, 維持作業日報
巡視日誌, 維持作業日報

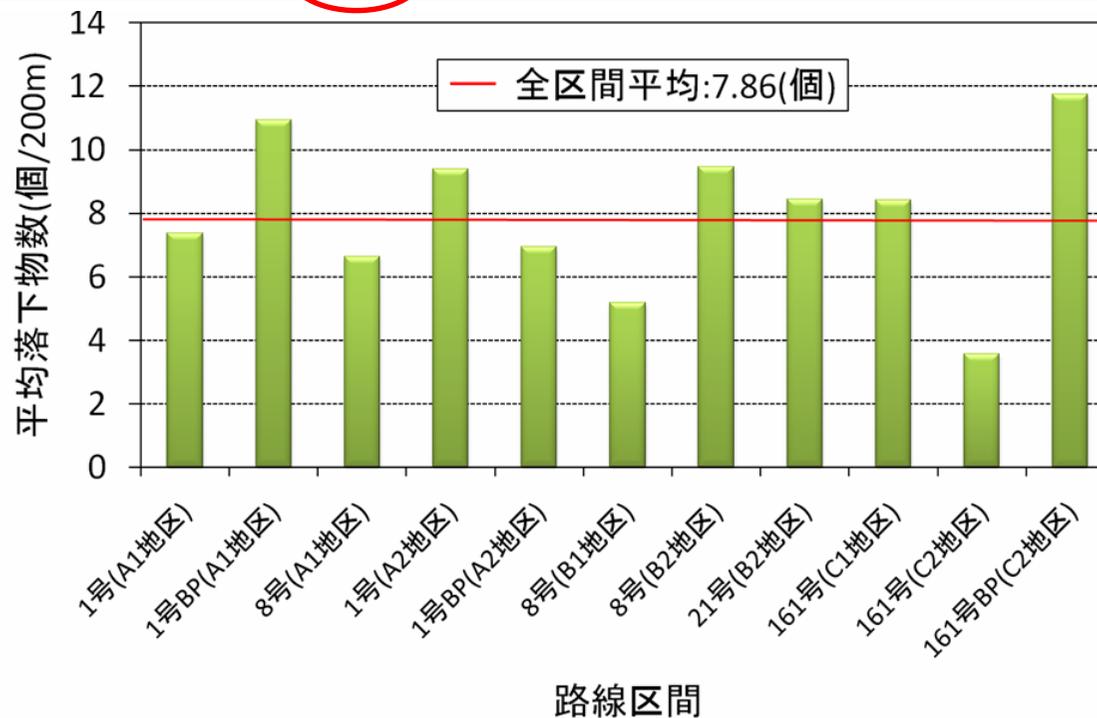
電子データ(H22.4～H22.7)・・・滋賀国道事務所全管理区間

- 応急処理, 応急処理集計, 苦情資料

全区間電子化済

分析対象の一次分析-全延長264.5km

地区	A 維持出張所					B 維持出張所			C 維持出張所		
	A1 地区			A2 地区		B1 地区	B2 地区		C1 地区	C2 地区	
路線	1 号	1 号 BP	8 号	1 号	1 号 BP	8 号	8 号	21 号	161 号	161 号	161 号 BP
管理距離	82.6					88.3			93.6		
区間数	413					442			468		
サンプル数	3,820					3,296			4,140		
落下物総数 (個)	3,501					3,079			3,817		
平均落下物数 (個/200m)	8.48					6.97			8.16		



特性変数の選定(1)

- 滋賀国道事務所 交通センサスデータ

・・・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(歩行者・自転車・二輪・乗用車・バス・小型貨物車・普通貨物車・累計),
夜間交通量(歩行者・自転車・二輪・乗用車・バス・小型貨物車・普通貨物車・累計),
ピーク時交通量(歩行者・自転車・二輪・乗用車・バス・小型貨物車・普通貨物車・累計),
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

- 滋賀国道事務所 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

- 滋賀国道事務所 舗装路面性状データ

・・・歩道の有無, 停車帯の有無

- 近畿地方整備局 舗装データ

定性的パラメータ・・・橋, 一般・雪寒の区分, 沿道区分{山間, 平地,
市街地, DID(人口集中地域)}

定量的パラメータ・・・最新ひび割れ率(%), 最大わだち掘れ量(mm),
平均わだち掘れ量(mm), 平たん性(mm), MCI値

特性変数を追加

計51個の特性変数を採用

特性変数の選定(2)

- 1変数のみ考慮した場合, t-値が有意である1.96以上を満足した特性変数

$$\lambda_i = \exp(\beta_1 + \beta_2 x_{2,i})$$

- 定量的パラメータ
 - 自動車交通容量(平日24時間)
 - ピーク時区間旅行速度
 - 旅行時間
 - 昼間交通量(乗用車・小型貨物車・普通貨物車・累計)
 - 夜間交通量(乗用車・小型貨物車・普通貨物車・累計)
 - ピーク時交通量(乗用車・普通貨物車・累計)
 - 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)
 - 平均わだち掘れ量, 最大わだち掘れ量
- 定性的パラメータ(0 or 1)
 - 沿道区分(平地)

落下物パラメータ推計値

- t値が有意である1.96以上, また, それぞれの特性変数の相関性を考慮し, AICが最小となる特性変数の組み合わせを採用.

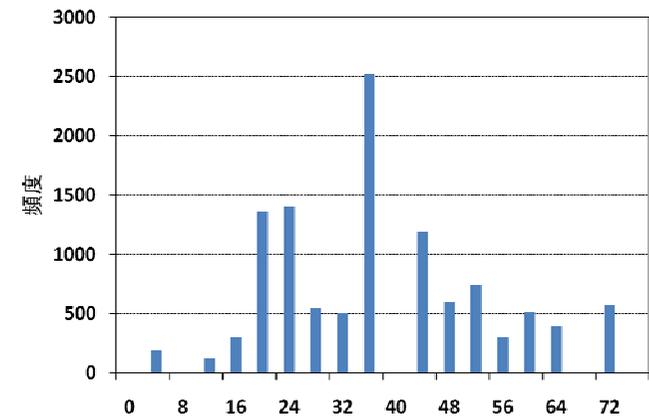
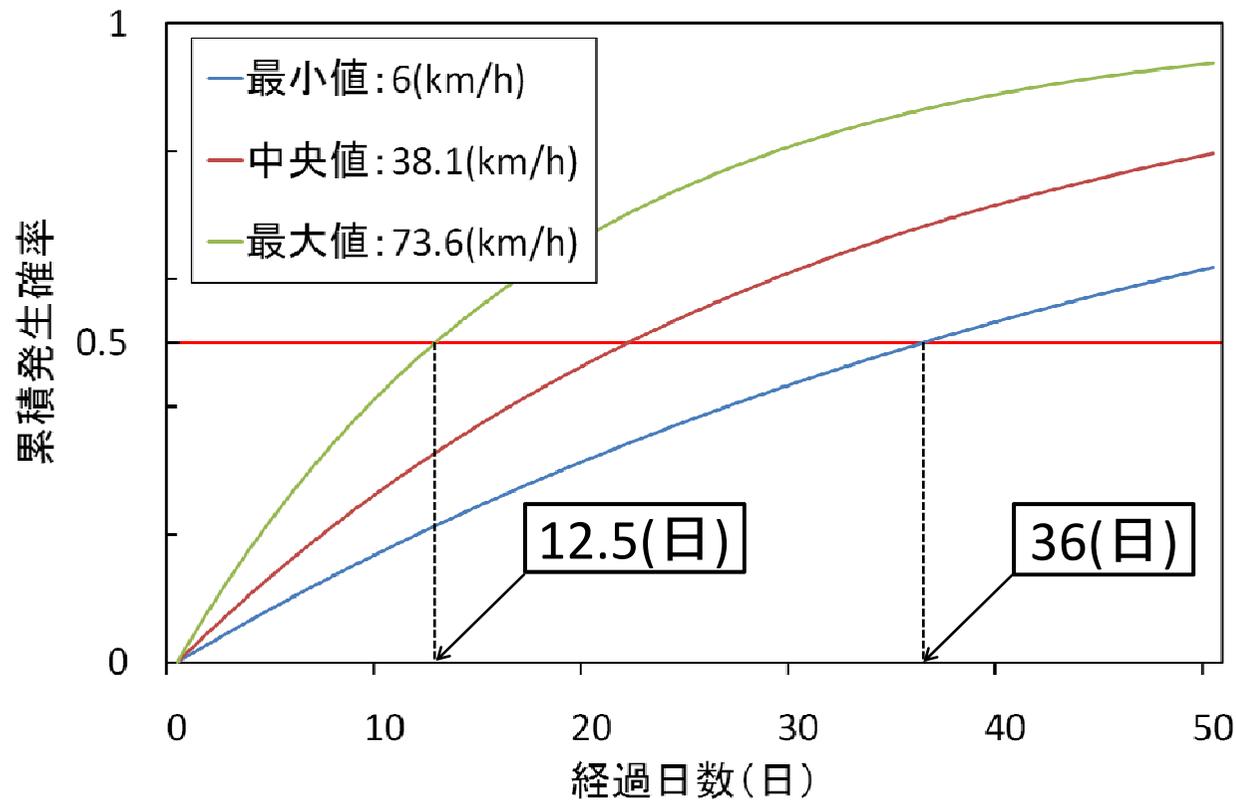
$$\lambda_i = \exp(\beta_1 + \beta_2 x_1 + \beta_3 x_2 + \beta_4 x_3)$$



	定数項	昼間総貨物車 交通量	ピーク時区間 旅行速度	平均わだち 掘れ量	分散パラ メータ
パラメータ 推計値	-4.82	8.51E-05	1.57E-02	9.49E-03	3.20
t値	15.51	14.56	17.25	4.22	20.22
対数尤度	-18,325				
AIC	36,663				

累積落下物発生確率-ピーク時区間旅行速度

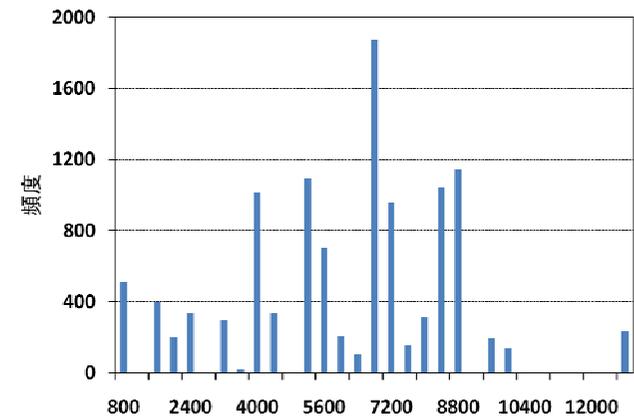
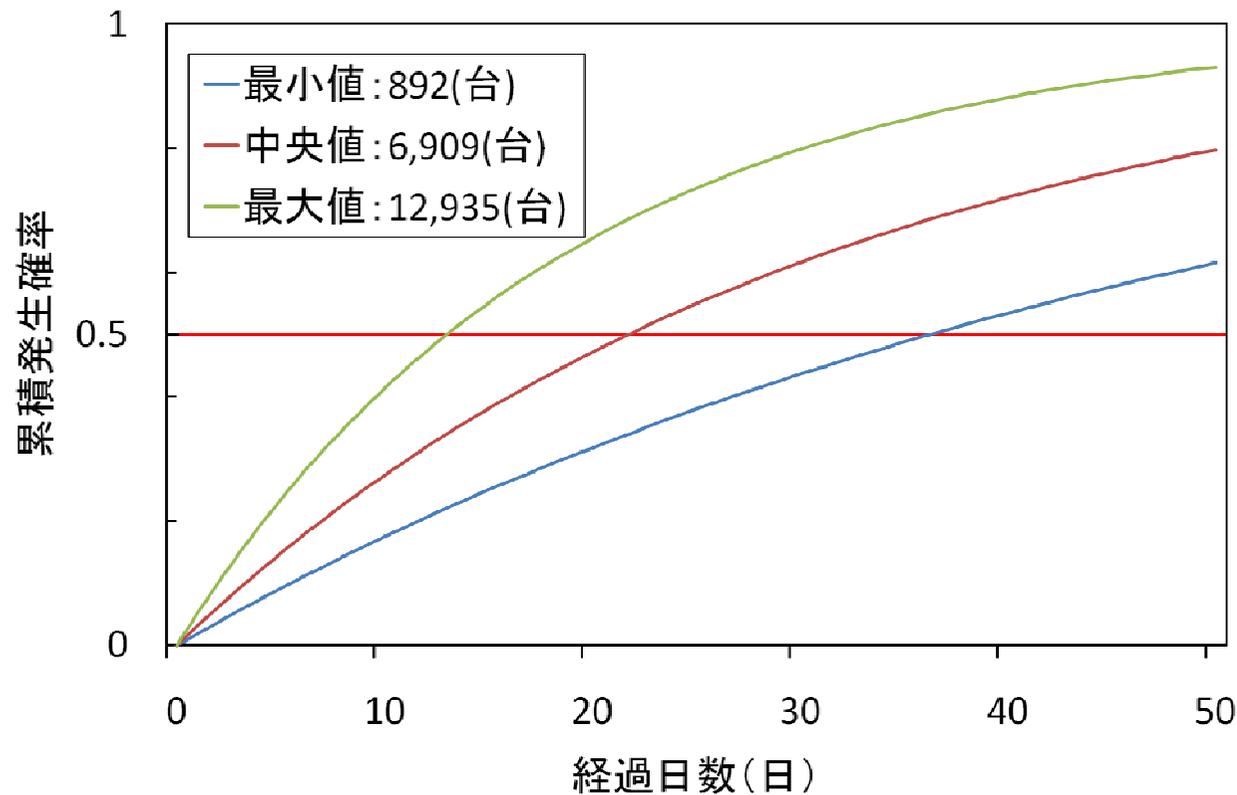
昼間総貨物車交通量:中央値6,909(台)
平均わだち掘れ量:中央値9(mm)
(許容落下物発生数:1個)



ピーク時区間旅行速度分布

累積落下物発生確率-昼間総貨物車交通量

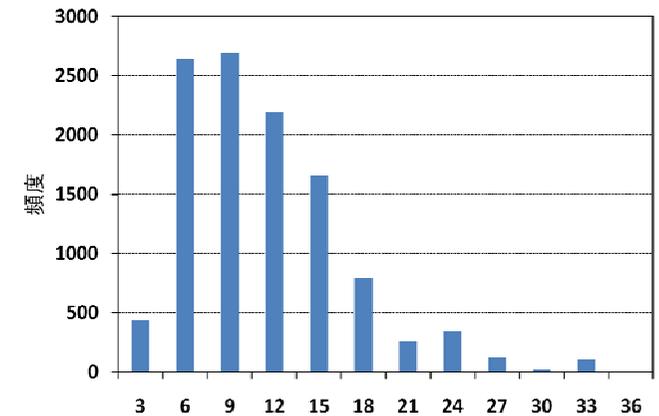
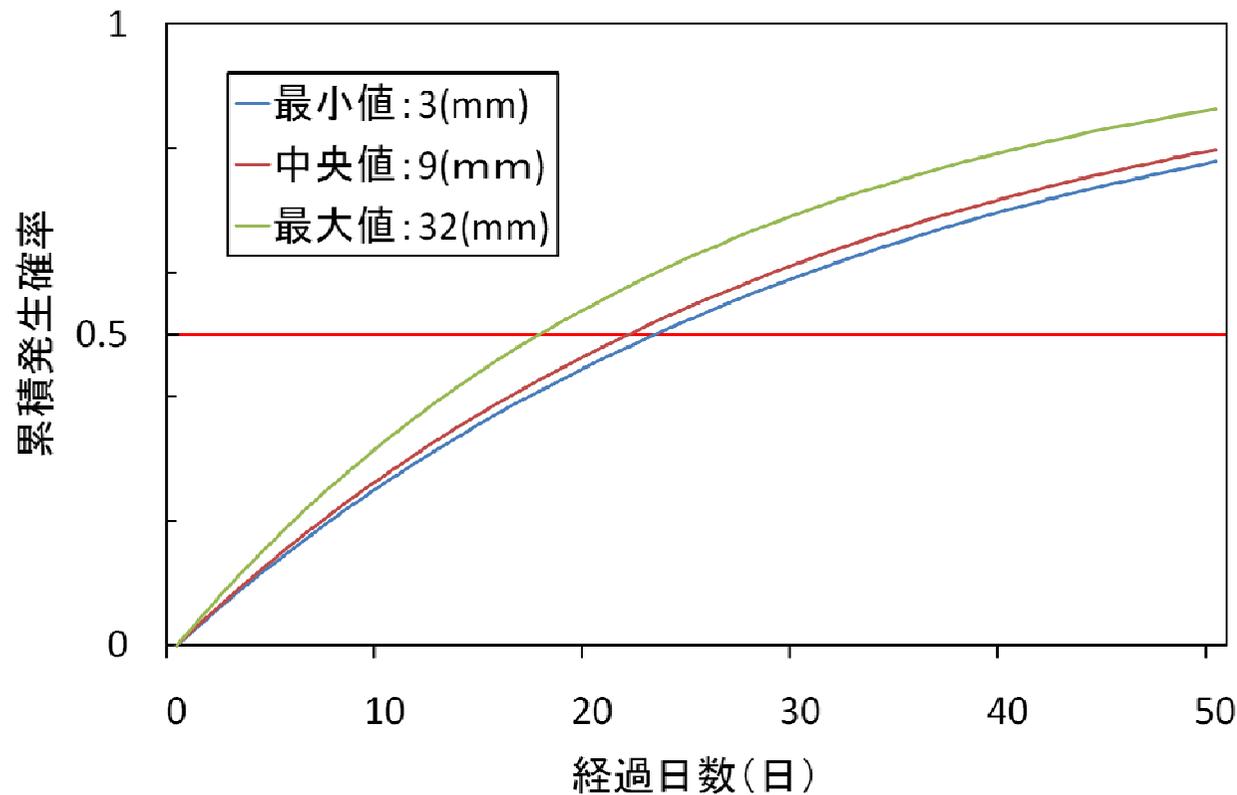
ピーク時区間旅行速度:中央値38.1(km/h)
平均わだち掘れ量:中央値9(mm)
(許容落下物発生数:1個)



昼間総貨物車交通量分布

累積落下物発生確率-平均わだち掘れ量

昼間総貨物車交通量:中央値6,909(台)
ピーク時区間旅行速度:中央値38.1(km/h)
(許容落下物発生数:1個)



平均わだち掘れ量分布

異質性パラメータ推計結果

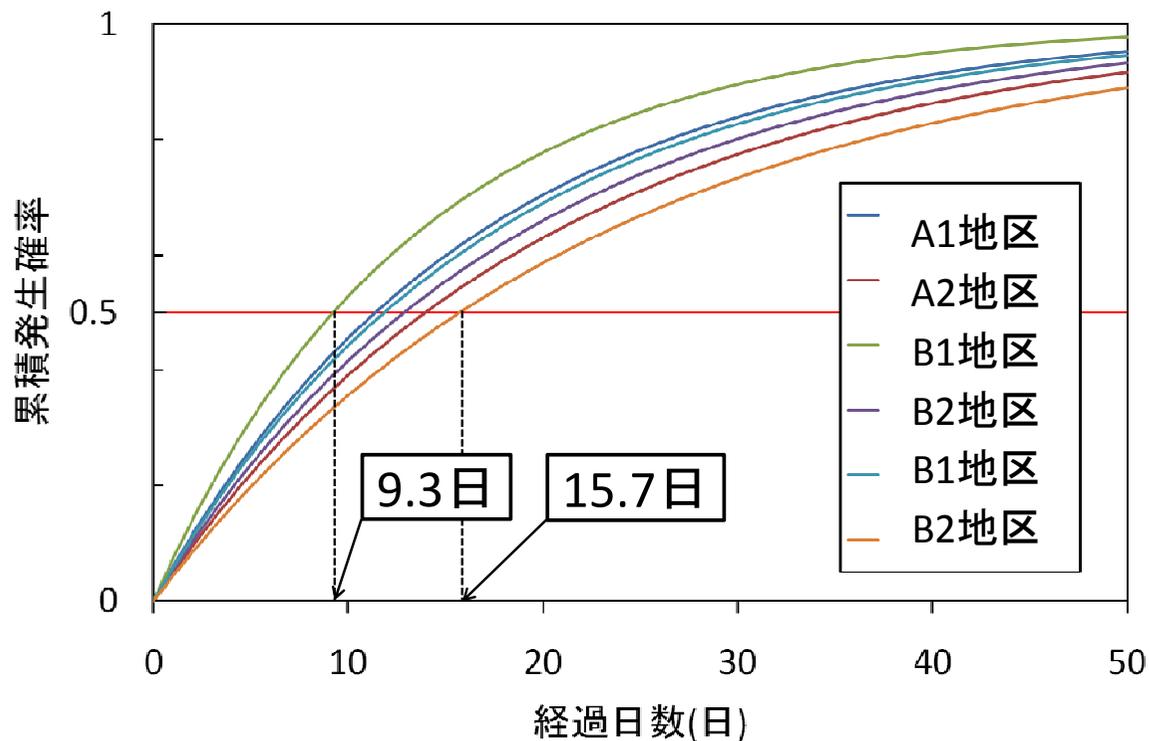
$$\lambda_{ij} = \exp(\beta_1 + \beta_2 x_{1j} + \beta_3 x_{2j} + \beta_4 x_{3j} + \beta_5 x_{4j}) \varepsilon_j$$

施工地区	異質性パラメータ
A1地区	1.91
A2地区	1.56
B1地区	2.35
B2地区	1.69
C1地区	1.84
C2地区	1.38

累積落下物発生確率-施工地区別

- 全区間同一条件下の累積落下物発生確率

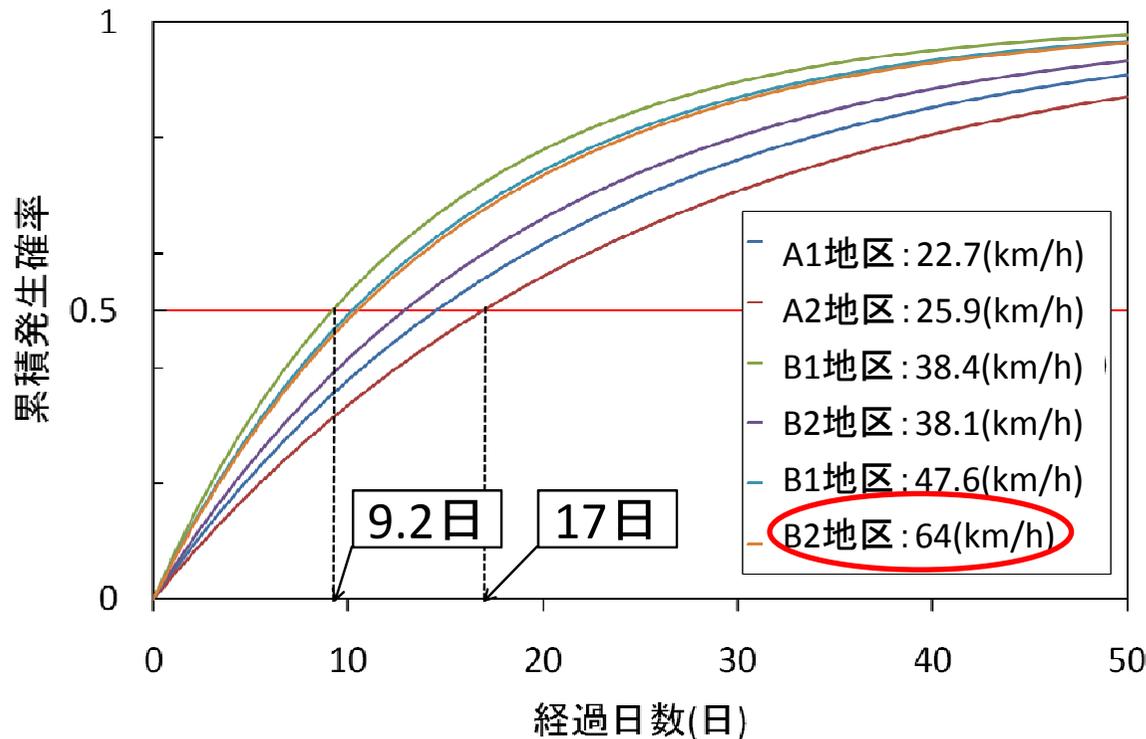
昼間総貨物車交通量:中央値
6,909(台)
ピーク時区間旅行速度:中央値38.1(km)
平均わだち掘れ量:中央値9(mm)
(許容落下物発生数:1個)



累積落下物発生確率-施工地区別

- ピーク時区間速度を各地区の中央値を採用した場合の累積落下物発生確率

昼間総貨物車交通量:中央値
6,909(台)
平均わだち掘れ量:中央値9(mm)
(許容落下物発生数:1個)



到着率による

落下物異常区間の抽出

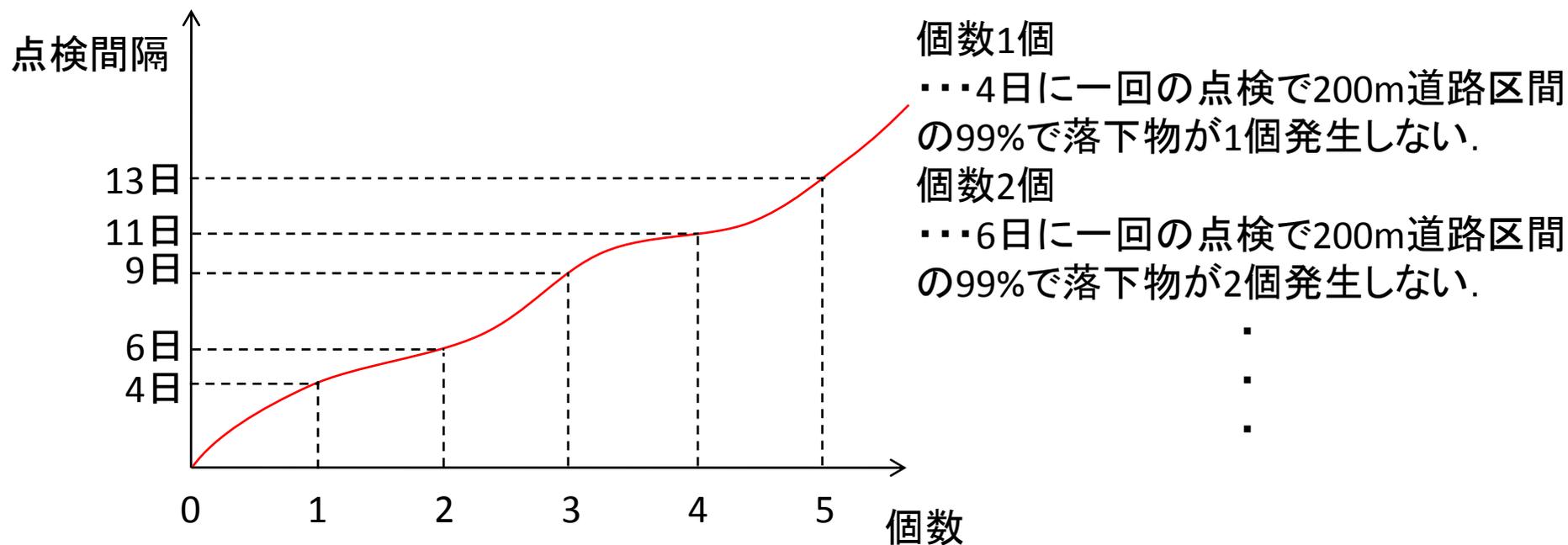
到着率上位・・・落下物平均10.21個
(全区間平均:7.86個)

施工地区	路線	kp	到着率	落下物数(個)
A1	1	472.50	0.083	5
A1	1	473.10	0.083	11
A2	161	48.50	0.083	19
A2	1	443.90	0.083	8
A1	1	472.70	0.080	9
A1	1	472.70	0.080	9
A2	1	443.70	0.080	7
A2	1	444.70	0.080	8
C1	161	48.70	0.079	8
A1	1	469.50	0.079	10
C1	161	45.90	0.078	16
A1	1	472.90	0.078	9
A2	1	445.50	0.077	7
A1	1	470.50	0.077	17

Value at Risk(VaR)評価(落下物全体)

- VaR評価・・・信頼水準 $\alpha\%$ (200m区間で落下物発生を $1-\alpha\%$ に抑える: $\alpha\%$ 発生しない)を決定し, 信頼水準を満足する点検間隔を決定する.

信頼水準99%

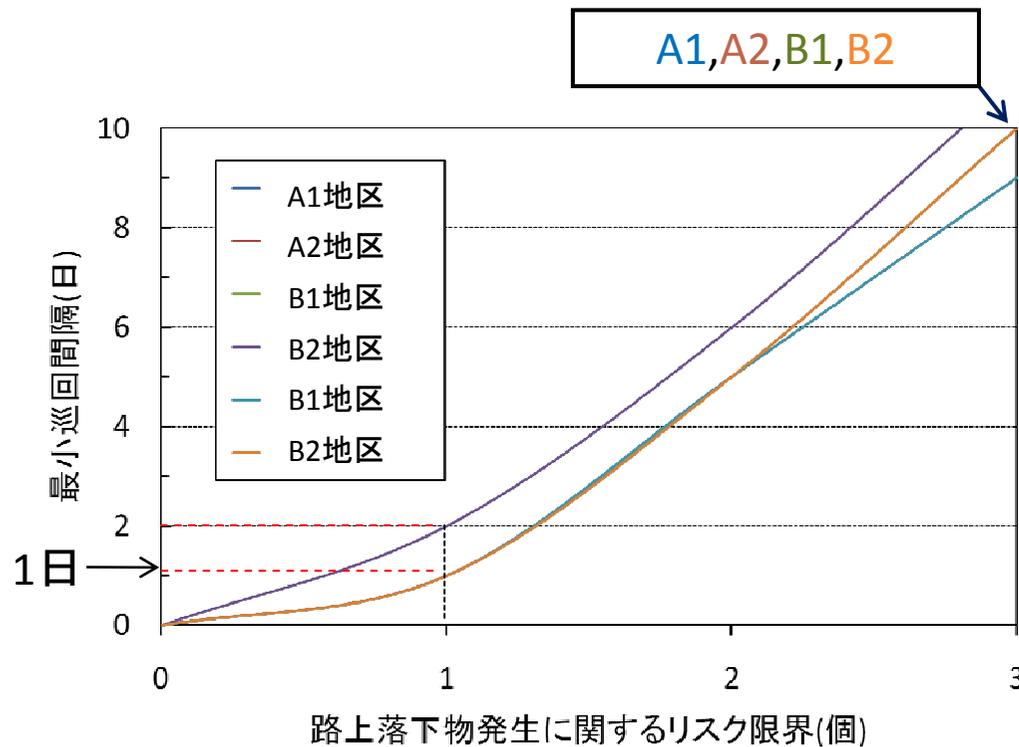


Value at Risk(VaR)評価(落下物全体)

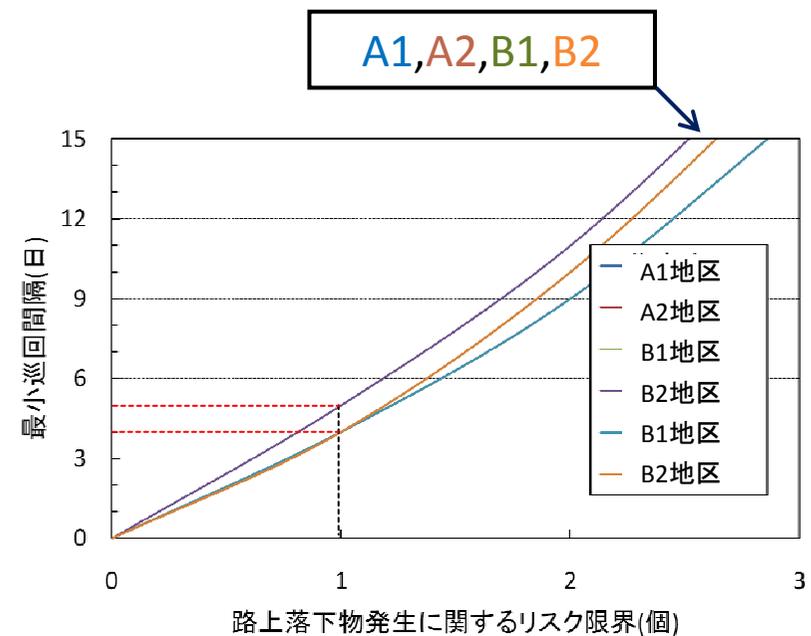
- 信頼水準を設定し, リスク管理限界を満足する最適点検間隔を決定する.

(全施工地区到着率最大の道路区間)

信頼水準99%



信頼水準95%



H22年度のまとめ

- 落下物発生要因において、今回採用した51個の特性変数のうち、昼間総貨物車交通量、ピーク時区間旅行速度、平均わだち掘れ量が落下物発生に影響を及ぼすことが判明した。
- 採用された特性変数の中でも、ピーク時区間旅行速度が一番落下物発生に影響を与えらる。
- 落下物発生リスクの管理指標を設定し、巡回費用の削減を達成できるような最適巡回間隔の評価した。信頼水準1%では、現行の1日に1回の通常巡回は妥当性のある巡回間隔であると判断できる。

効率的な維持管理を行う上での懸案事項

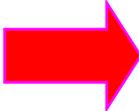
- 道路障害物点検に係る日誌の管理状況
 - 日誌の名称が管理地区により異なっている
 - ⇒B1, B2地区： 巡回巡視日誌, 巡回整備日誌
 - ⇒A1地区： 巡回日誌, 出来高数量
 - ⇒A2地区： 巡回整備工日誌, 作業日報
 - ⇒C1, C2地区： 巡回日誌, 維持作業日報
 - 記入方法が管理地区により異なっている
 - ⇒ある地区における対応内容には『竹の子除去』や『側溝清掃』など, その他の地区に含まれない内容も存在していた
- 上記日誌以外のデータの存在
 - ⇒応急処理, 応急処理集計, 苦情資料電子データの活用
- 情報・状況を統合的に管理する組織の必要性

計画策定プロセスガイドライン

『公共事業の構想段階における計画策定プロセスガイドライン』

国土交通省 2008年

公共事業の計画に関して国民の理解を得るためには、計画自体が適切であることはもちろんのこと、**計画策定のプロセスに対して透明性、客観性、合理性、公正性が確保されていることが重要である。**

 プロセス評価の重要性を示唆

計画策定プロセスガイドライン

『公共事業の構想段階における計画策定プロセスガイドライン』

国土交通省 2008年

■ 計画検討手順

■ 計画検討の発議

■ 事業の必要性と課題の共有

■ 複数案の設定

■ 評価項目の設定

■ 計画案の選定

■ 複数案の比較評価

■ 計画の決定

■ 留意事項

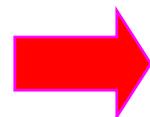
■ 計画検討手順の管理

【状況によっては前の手順に戻って検討する必要もある】

■ 地方公共団体との連携

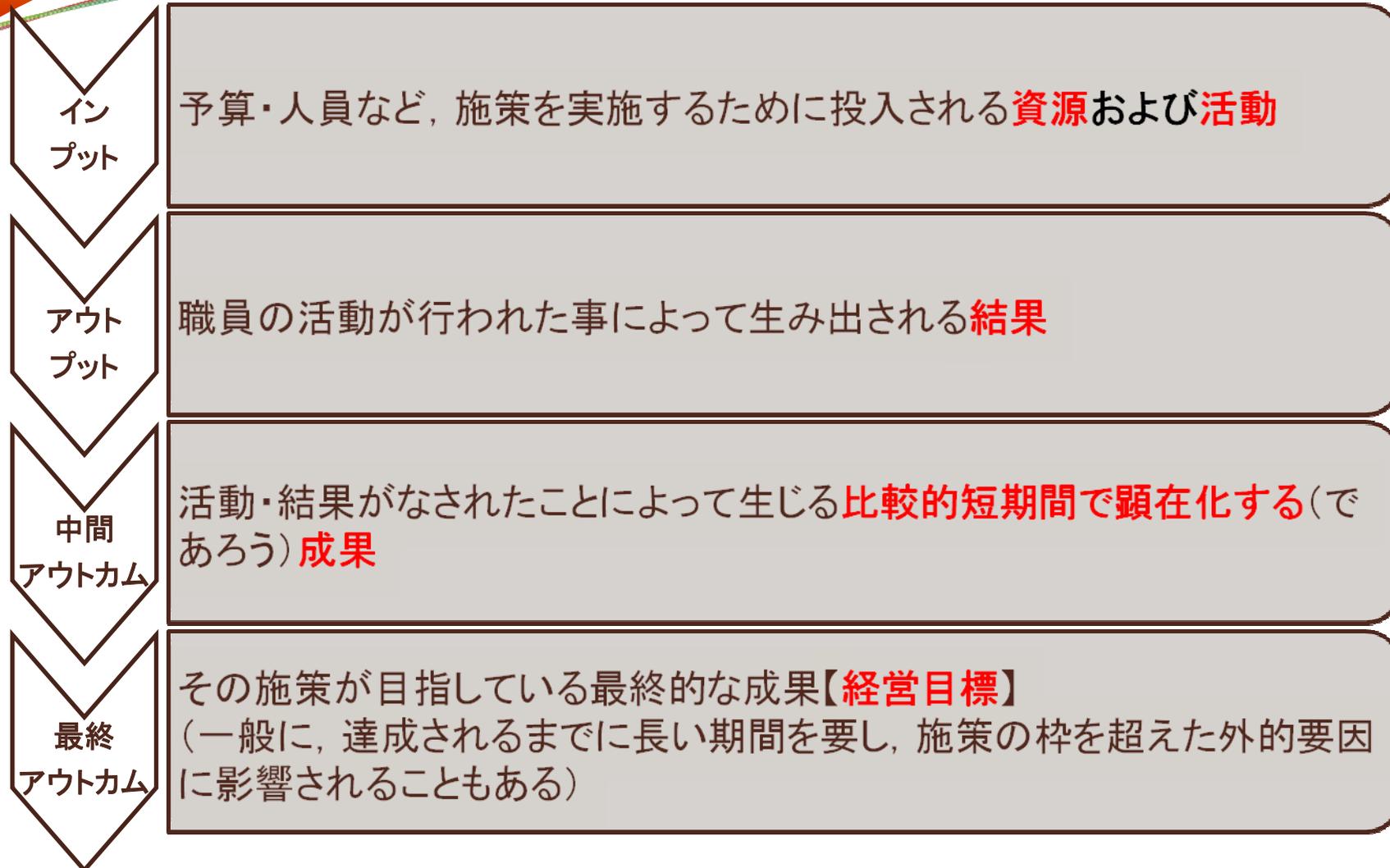
■ 委員会等の設置

【検討手順に対して助言を行う】



ロジックモデルの概念が利用可能

ロジックモデルの構造



具体的な活動がある過程を通して、最終的に『成果(アウトカム)』へ到達するまでをモデル化したもの

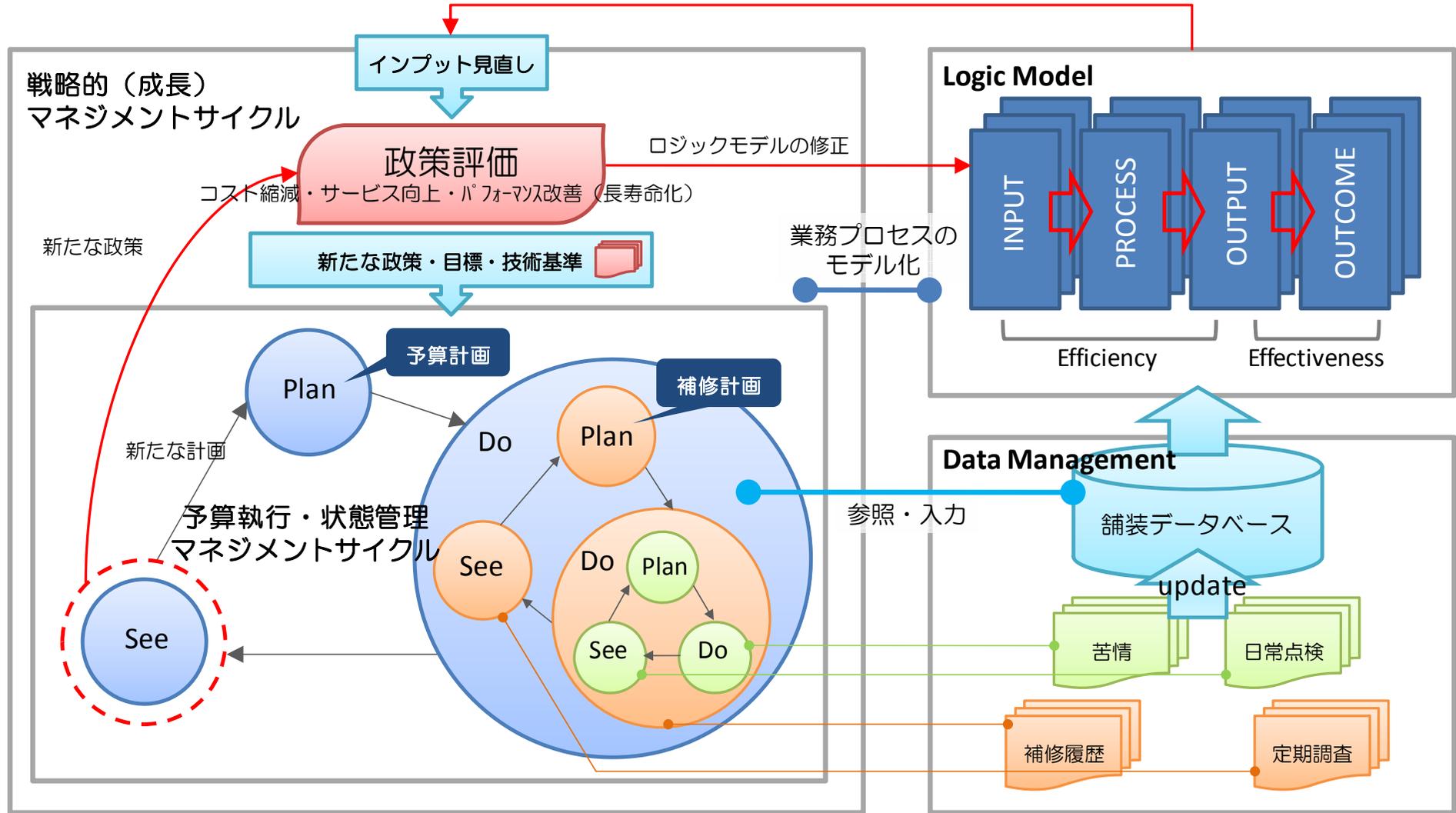
23

出典:坂井ら(2007)

ロジックモデル(案)

インプット	アウトプット	アウトプット指標	中間アウトカム指標	中間アウトカム内容	最終アウトカム指標	最終アウトカム	経営目標
路面補修 (巡回整備対応)	路面の凹凸の改善	復旧率	サービス水準達成率	凹凸による事故低減	年間の事故率	路面の安全確保	安心・安全
路面補修 (巡視工対応)	穴ぼこの発見-復旧	復旧率	サービス水準達成率	穴ぼこによる事故低減	年間の事故率	路面の安全確保	安心・安全
落下物 (巡回整備対応)	路面の落下物処理	落下物処理率	サービス水準達成率	落下物による事故低減	年間の事故率	路面の安全確保	安心・安全
落下物 (巡視工対応)	路面の落下物処理	落下物処理率	サービス水準達成率	落下物による事故低減	年間の事故率	路面の安全確保	安心・安全
危険木伐採	危険木の伐採処理	苦情対応率 (不可抗力を除く)	サービス水準達成率	危険木による事故低減	年間の事故率	路面の安全確保	安心・安全
側溝清掃 (維持管理作業対応)	側溝機能の保持	苦情対応率	路面の滞水による事故発生件数 路面の滞水によるひやり件数	排水機能の保持	年間の事故率	路面の安全確保	安心・安全
側溝清掃 (巡回整備対応)	側溝機能の保持	苦情対応率	路面の滞水による事故発生件数 路面の滞水によるひやり件数	排水機能の保持	年間の事故率	路面の安全確保	安心・安全
除草工、剪定工 (維持管理作業対応)	緑地帯の良好な維持	視距の確保の有無	サービス水準達成率	道路付属物や交通安全施設、方向者等に対する 運転手等の視認性確保	サービス水準達成率	路面の安全確保	安心・安全
除草工 (巡回整備対応)	緑地帯の良好な維持	苦情対応率	サービス水準達成率	美観の確保	サービス水準達成率	健全な環境の確保	快適
剪定工 (巡視工対応)	緑地帯の良好な維持	苦情対応率	サービス水準達成率	美観の確保、視認性確保	サービス水準達成率	健全な環境の確保	快適

ロジックモデルの位置付け



カメラ付きタブレットPCを用いた パトロール項目現地入力システム概要

現場



現場でのパトロール成果更新
〔データ転記ミスの低減〕
紙資源の利用低減

GISライセンスを有する
データサーバー

地図データ読み込み
過去のパトロール成果読み込み
(異常発生路線の地図による把握)



事務所

カメラ付きタブレットPC【例:iPad2】



+GPS

撮影した位置情報とともに
撮影方向まで記憶される

	iPad	iPad 2
ディスプレイ	9.7インチ LEDバックライト IPS液晶	9.7インチ LEDバックライト IPS液晶
画面解像度	1024 x 768	1024 x 768
プロセッサ	1GHz Apple A4	1GHz Apple A5 (デュアルコア) 「最大2倍高速」
グラフィック	PowerVR SGX 535	? 「最大9倍高速」
RAM	256MB RAM	?
内蔵ストレージ	16GB / 32GB / 64GB	16GB / 32GB / 64GB
前面カメラ	(なし)	VGA
背面カメラ	(なし)	720p
3Gデータ	3バンド HSPA + EDGE (2G)	4バンド HSPA または CDMA / EV-DO Rev. A
WiFi	802.11a/b/g/n	802.11a/b/g/n
Bluetooth	2.1 + EDR	2.1 + EDR
加速度計	3軸	3軸
ジャイロ	(なし)	3軸
厚さ	13.4mm	8.8mm
重量	680g (WiFi), 730g (WiFi + 3G)	601g (WiFi), 607g (CDMA), 613g (WCDMA)

出典元: <http://japanese.engadget.com/2011/03/02/ipad-2-vs-ipad/>

点検項目と入力内容

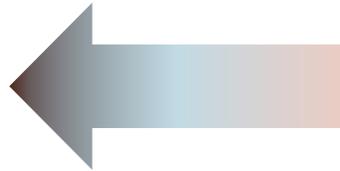
今年度産官学業務において対象となる点検項目	点検項目	工種	位置情報	写真①	諸元	メモ	状況	写真②			
	路面補修	巡視工	点検による損傷位置の取得(地図上へのポイント記入)	現場状況写真撮影 (撮影日同時取得)	路面損傷タイプ※	フリー入力 (文字数の制限あり?)					
		巡回整備	点検による損傷位置の取得(地図上へのポイント記入)		路面損傷タイプ※			補修の完了の確認	補修完了写真撮影 (撮影日同時取得)		
	落下物	巡視工	点検による落下物位置の取得(地図上へのポイント記入)								
		巡回整備	点検による落下物位置の取得(地図上へのポイント記入)		落下物の大きさ選択 (小・中・大)			撤去の完了の確認	撤去完了状況写真撮影 (撮影日同時取得)		
	危険木伐採	苦情	苦情発生位置を取得(地図上へのポイント記入)					危険木伐採の完了の確認			
		除草工	巡回整備		点検による除草実施位置の取得(地図上へのポイント記入)					除草の完了の確認	
	苦情		苦情発生位置を取得(地図上へのポイント記入)								
	剪定工	巡視工	点検による剪定実施位置の取得(地図上へのポイント記入)							剪定の完了の確認	
		苦情	苦情発生位置を取得(地図上へのポイント記入)								
側溝清掃	維持管理作業	維持管理対応箇所取得(地図上へのポイント記入)									
	巡回整備	点検による要清掃位置の記入(地図上へのポイント記入)			清掃の完了の確認						
	苦情	苦情発生位置を取得(地図上へのポイント記入)									

※路面損傷タイプ
ポットホール
剥離
沈下
骨材露出
わだち
ひび割れ

現場持参用タブレットPCの画面イメージ(案)



GPS機能による
ポイント追加



点検項目

工種

路面損傷タイプ

メモ

状態

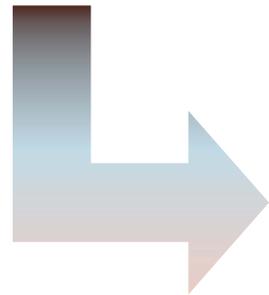
写真(対応前)

写真(完了後)

点検データの入力



ドロップされたピン



点検項目

工種

路面損傷タイプ

メモ

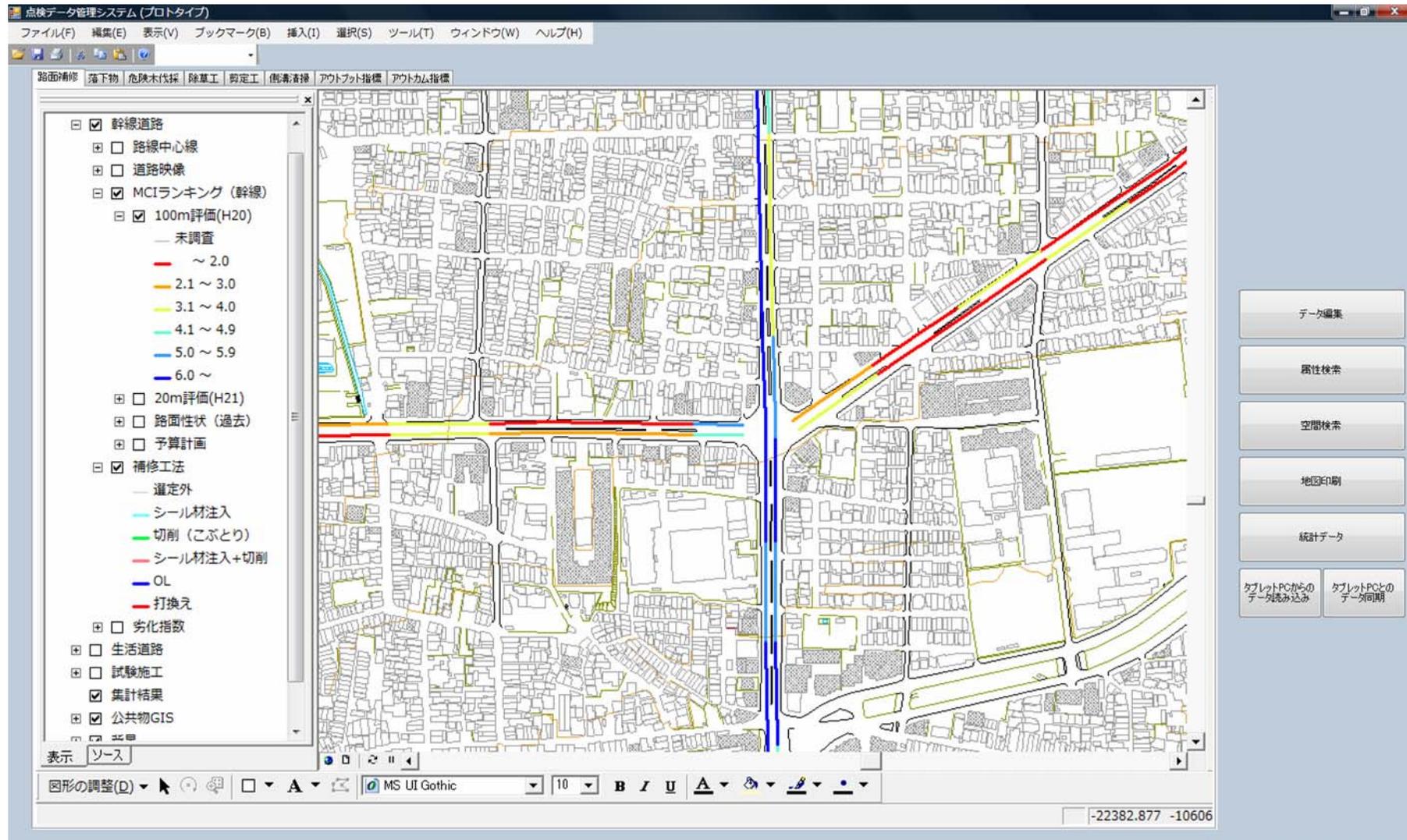
状態

写真(対応前) 

写真(完了後) 

現場写真の追加

事務所システムのトップ画面イメージ(案)



事務所システムの画面イメージ(案)

タブレットPCとの同期

堅田出張所

- 路面補修
- 落下物
- 危険木伐採
- 除草工
- 側溝清掃

彦根出張所

- 路面補修
- 落下物
- 危険木伐採
- 除草工
- 側溝清掃

草津出張所

- 路面補修
- 落下物
- 危険木伐採
- 除草工
- 側溝清掃

全てをチェック

全てのチェックを外す

データ読み込み

データ同期

空間検索

住所を入れてください

属性検索

属性情報を入れてください

