

2022.11.04

第42回SciREXセミナー
どうする？日本のインフラマネジメント
～点検データの山から見出す意思決定の道筋～

科学的エビデンスに基づく社会インフラの
マネジメント政策形成プロセスの研究

大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻
社会基盤マネジメント学領域 准教授
貝戸清之

kaito@civil.eng.osaka-u.ac.jp
<http://www.infra-assetmetrics.com/>

老朽化する我が国の社会インフラ

橋梁



上下水道管渠



斜面・法面



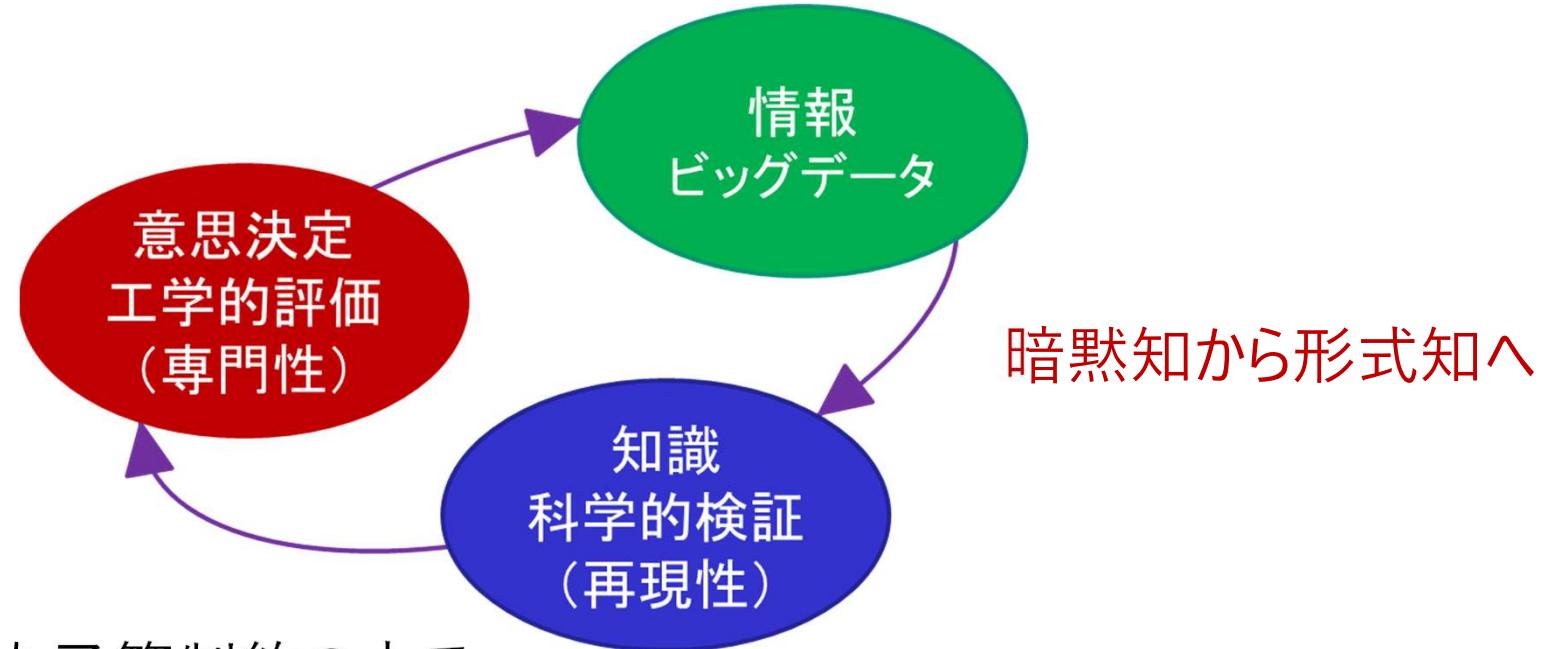
1929年の世界恐慌後の ニューディール政策



マイアヌス橋、コネチカット州、1983年

「荒廃する日本」となるのか？

専門技術者の経験に依存する維持管理



暗黙知から形式知へ

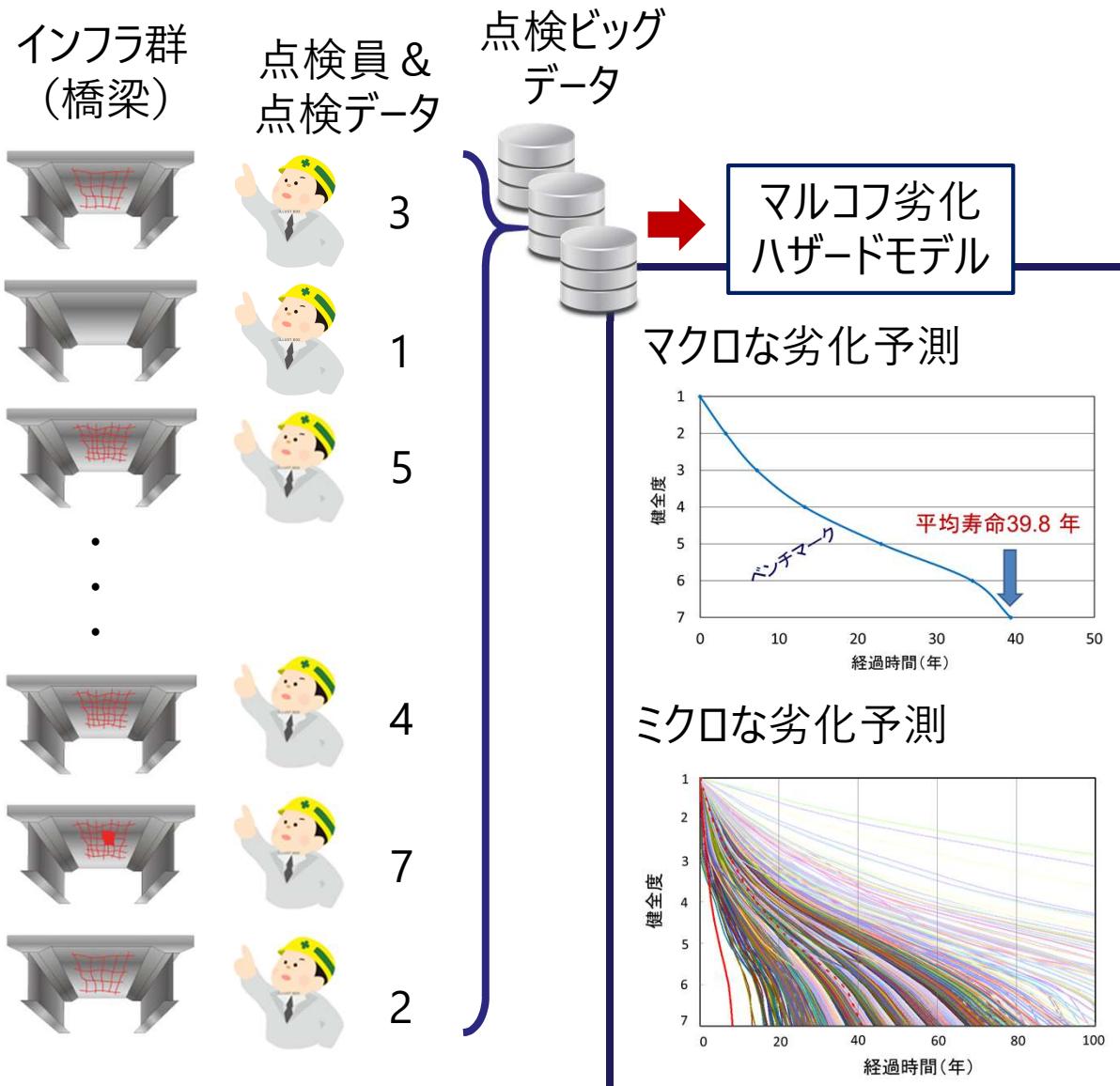
限られた予算制約の中で,
科学的根拠に基づいた維持管理計画を策定する必要性

インフラの寿命, 劣化速度, 重要性など

インフラの寿命を定量的に評価することが困難な理由

- ・1つ1つがオーダーメイドかつ現地生産であるので, 初期品質が不均一
- ・構造条件, 施工条件, 環境条件, 使用条件が多様であり, 劣化過程が不確実
- ・データ発生メカニズムの不完全性下におけるパラメータ推定

点検データを用いた統計的劣化予測の概要



団塊的に老朽化が進む
インフラ群に対して、

- ・寿命、劣化速度の
定量的評価（可視化）
- ・予測の精緻化
- ・補修優先順位決定
- ・更新計画の立案
- ・最適予算配分
- ・異常検知

アセットマネジメントの
当初目標は達成。

津田尚胤、貝戸清之、青木一也、小林潔司：
橋梁劣化予測のためのマルコフ推移確率の推定、
土木学会論文集, No.801/I-73, pp.69-82,
2005.10

小濱健吾、岡田貢一、貝戸清之、小林潔司：
劣化ハザード率評価とベンチマーク、土木学会
論文集A, Vol.64, No.4, pp.857-874,
2008.11

別紙1

令和元年度 新規採択プロジェクトの概要一覧

○「科学技術イノベーション政策のための科学 研究開発プログラム」

【研究開発プロジェクト】 実施期間:原則3.5年、研究開発費(直接経費):500万円以下/年

プロジェクト名	研究代表者 所属・役職	概要	研究開発に参画する実施者、 協力する関与者の所属機関
科学的エビデンスに基づく社会インフラのマネジメント政策形成プロセスの研究	貝戸 清之 大阪大学 大学院工学研究科 准教授	<p>道路、橋梁、トンネルなどに代表されるインフラの老朽化が顕在化し社会問題となる中で、その補修や更新に関するマネジメント政策の重要性が増している。しかし、現状のマネジメント政策は、ベテラン技術者の長年の経験と知識に基づいて形成されており、暗黙知的な前例・経験主義であるという批判を免れない。</p> <p>本プロジェクトでは、実務で獲得される点検ビッグデータの統計的劣化予測手法によりインフラの劣化曲線や寿命を推定し、これを科学的エビデンスとしてインフラのライフサイクル費用の最小化を達成するマネジメント政策の形成・実践につながる方法論を開発する。さらに、実務における政策立案者を交えた研究会を立ち上げ、研究者と実務者で研究成果を共有しながら、科学と政策の共進化を目指す。</p>	<ul style="list-style-type: none">大阪大学 大学院工学研究科(NEXCO西日本高速道路学共同研究講座)京都大学 経営管理大学院東北大学 災害科学国際研究所一般財団法人阪神高速道路技術センター阪神高速技術株式会社株式会社バスコ株式会社三菱総合研究所

研究事例

下水道マネジメントDX

下水道コンクリート管渠の更新計画

大阪市下水道

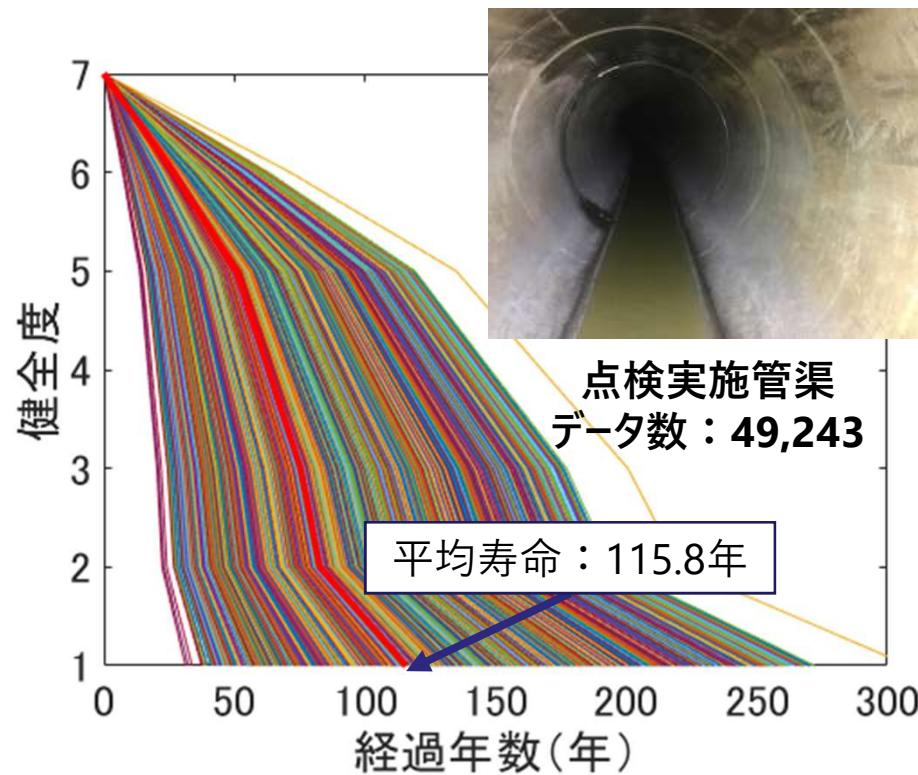
劣化異質性の空間集積性 + ビッグシミュレーション

インフラ**EBPM**へ

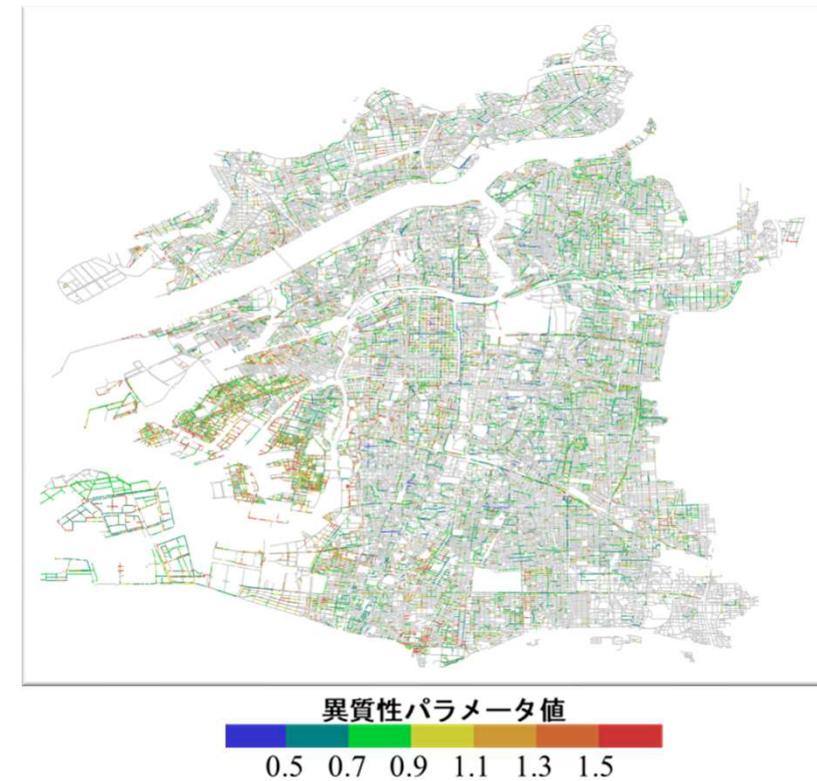
インフラマネジメントの水平展開に向けて

混合マルコフ劣化ハザードモデルの推計結果

階層ベイズ推計の推計結果



コンクリート管の劣化予測結果



コンクリート管の部分的劣化速度分布

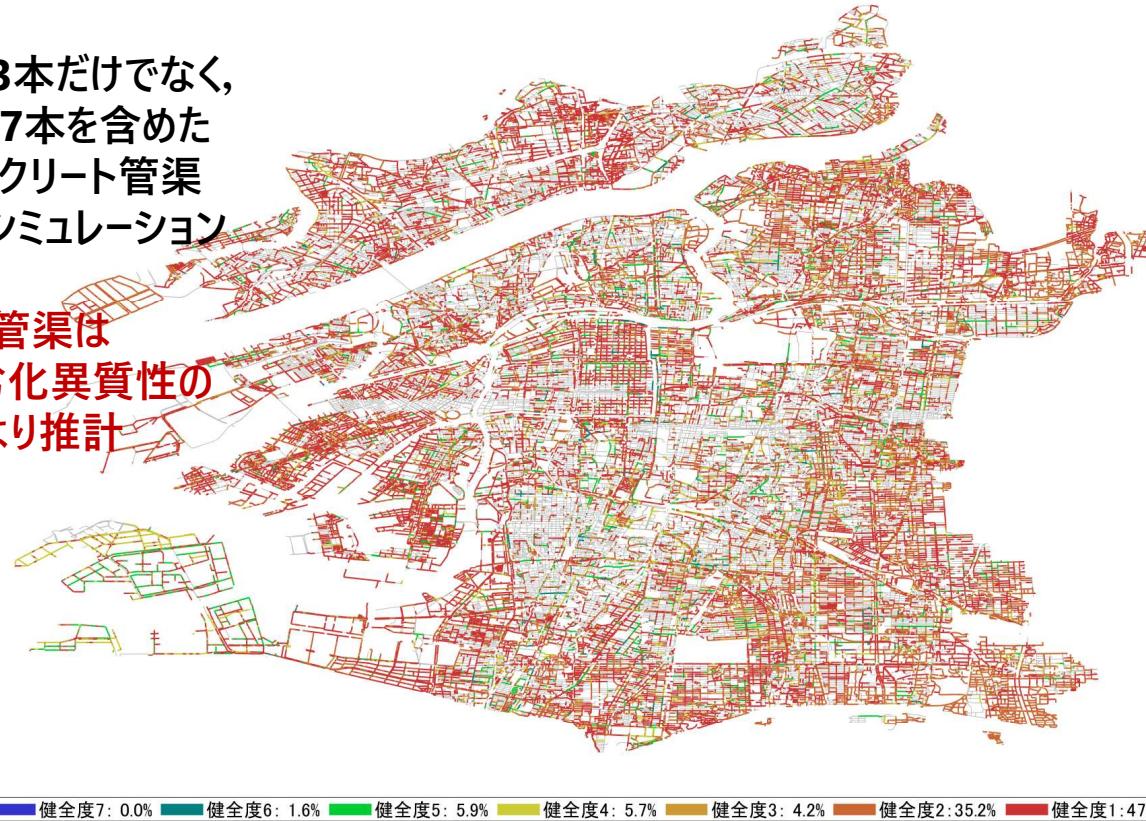
環境条件や構造条件の相違により、劣化速度に差異が存在

大阪市全域管渠老朽化ビッグシミュレーション

↓
2090 年 下水道管渠健全度マップ

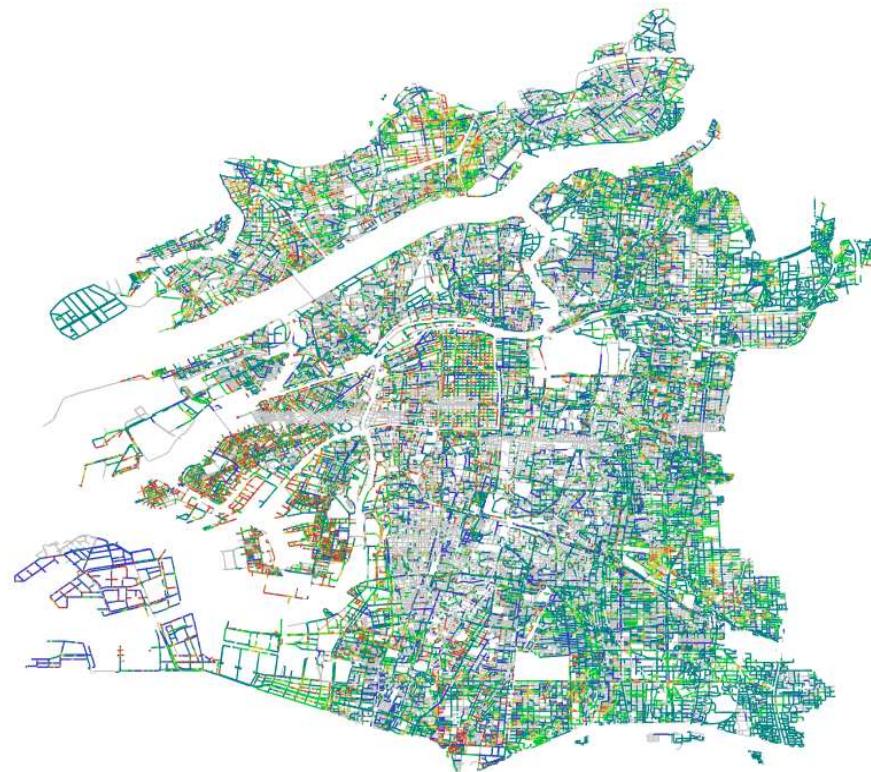
点検実施管渠49,243本だけでなく、
点検未実施65,807本を含めた
大阪市内の全コンクリート管渠
115,050本の劣化シミュレーション

点検未実施管渠は
点検実施管渠の劣化異質性の
空間集積性より推計

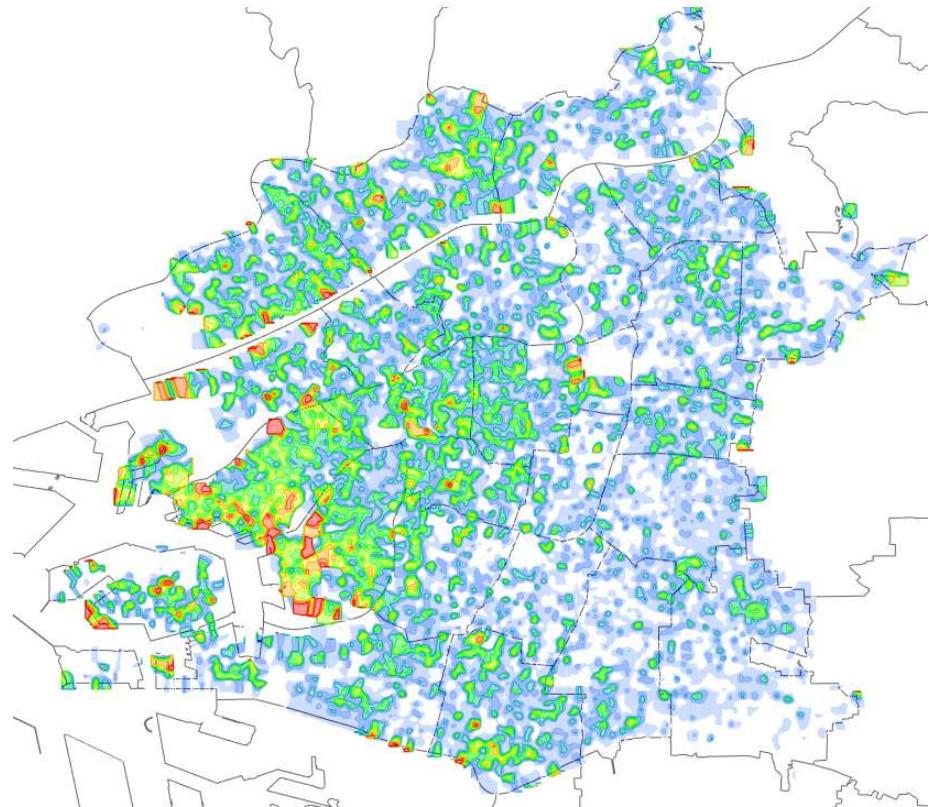


貝戸清之, 松本圭史, 鎌田敏郎, 北野陽一郎, 山中明彦：
空間マッピングを用いた下水道管渠の状態シミュレーションと改築更
新区域の抽出, 土木学会論文集 (査読修正中)

デュアルカーネル密度推定の推計結果



健全度分布

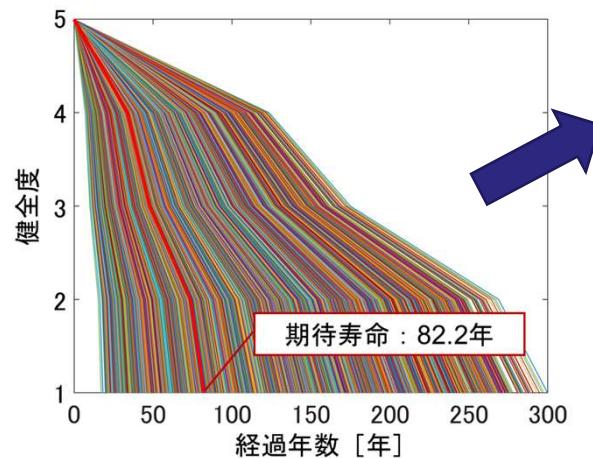


デュアルカーネル密度推定結果

デュアル・カーネル密度推定量に基づき更新対象エリアを特定・可視化

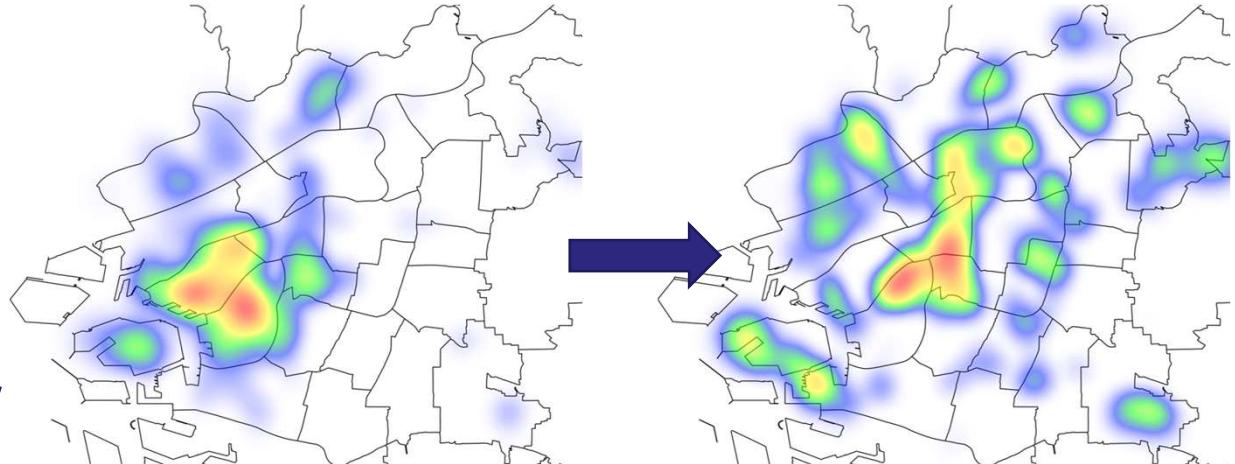
EBPMに向けて（下水道管渠の更新施策）

下水道コンクリート管渠に対する目視点検データを用いた
統計的劣化予測
(サンプル総数：18,849)



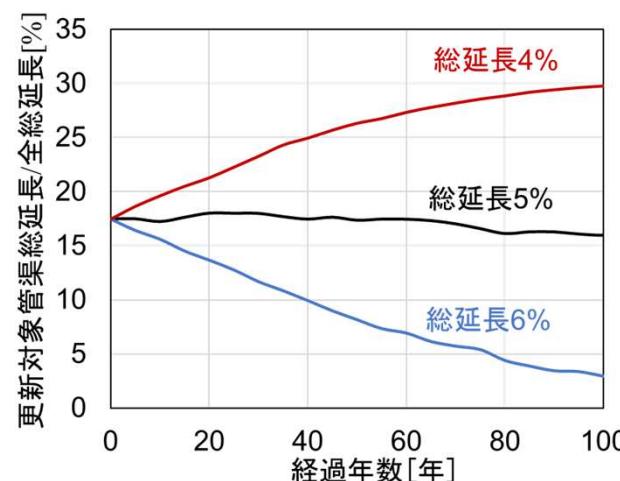
貝戸清之, 篠崎秀太, 鎌田敏郎, 前川波奈江, 山中明彦：下水道管渠の空間的劣化異質性に着目した重点管理区域スクリーニングと改築更新施策, 土木学会論文集F4, Vol.77, No.1, pp.115-134, 2021.5

総延長5%を毎年更新



空間的劣化異質性分布
現時点（2020）の更新対象管渠

次期（2030）の更新対象管渠



現在の更新施策（5%/年）を継続することにより、現在のサービス水準（要更新管渠比率：リスク）を維持することができる。更新対象を1%延長すれば、リスクをさらに低減可能。

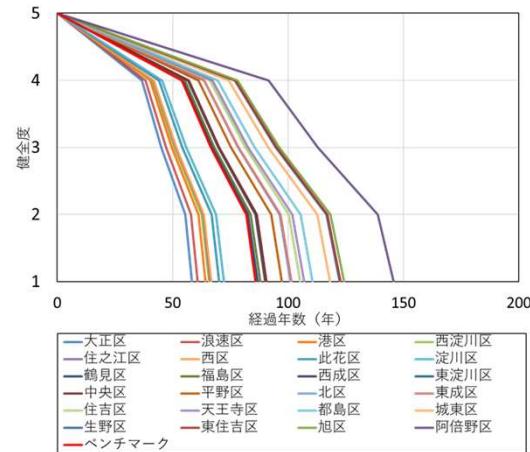
現行施策の妥当性評価と、改善策の提案

産官学の研究体制と、成果の実装化

「下水道コンクリート管渠の劣化予測と更新施策」

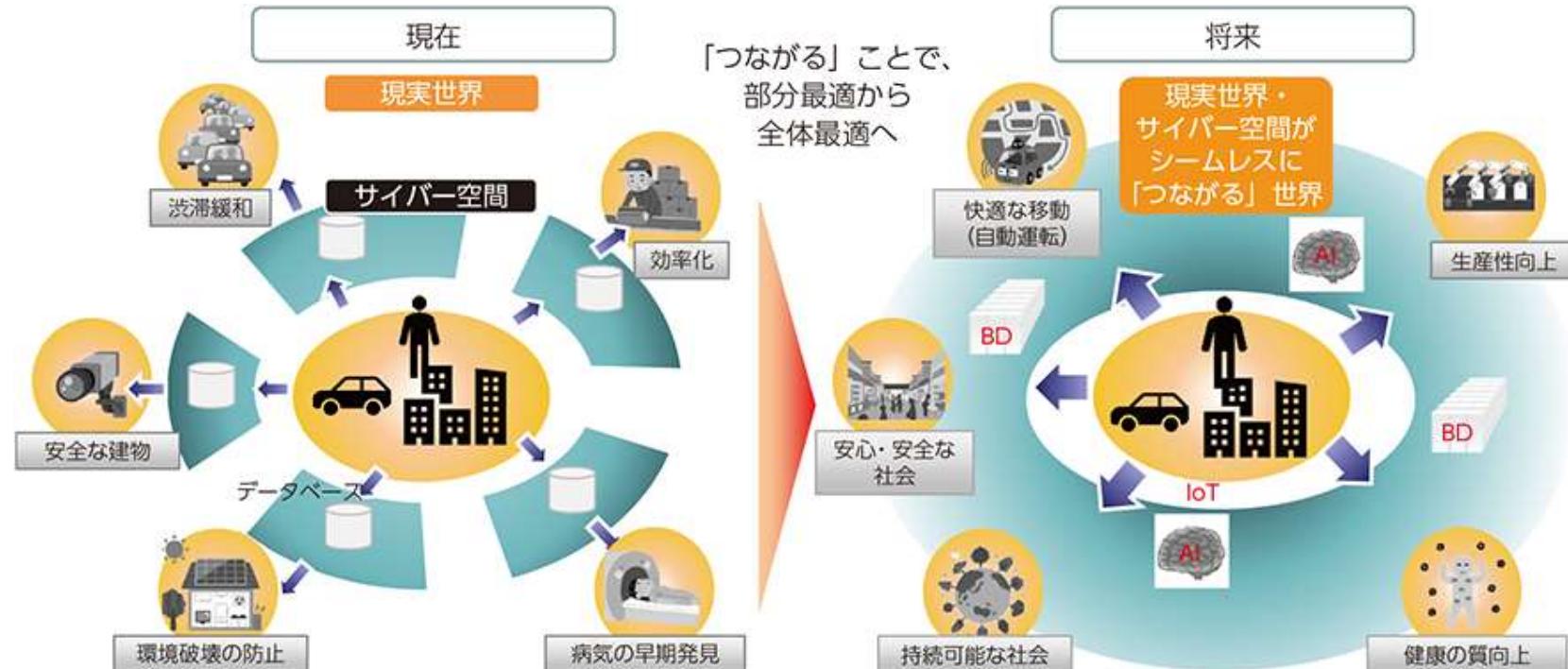
- 2009年 大阪市から点検データの貸与
- 2010年 下水道協会誌にて劣化予測結果の公表
- 2013年 大阪大学、大阪市、パシフィックコンサルタンツの三者による共同研究契約の締結（現在に至る）
- 2017年 **下水道施設計画（H.28～H.37の10年間）の策定
研究成果の採用** →
- 2021年 下水道施設計画の中間年
寿命予測結果の更新、見直し
(8月課長級レク、10月大阪市議会)
大阪市建設局職員を対象とした研究報告会開催
- 2022年 **取り付け管の劣化予測モデルの開発に着手**

【行政区単位の劣化予測結果】



- ・国土交通省（道路政策の質の向上に資する技術研究開発、2022.4～）
- ・**国土交通省近畿地方整備局（新都市社会技術融合創造研究会、2017.7～）**
- ・西日本高速道路、中日本高速道路、阪神高速道路、阪神高速技術
- ・愛知道路コンセッション株式会社
- ・内閣府「日本の社会資本ストック2022に向けた有識者検討会」
- ・JAAM小委員会、土木計画学研究小委員会
- ・JICA（エチオピア、ミャンマー、ネパール、ラオス、ガーナ、カンボジア）

マネジメント分野におけるDX



総務省：「我が国のICTの現状に関する調査研究」

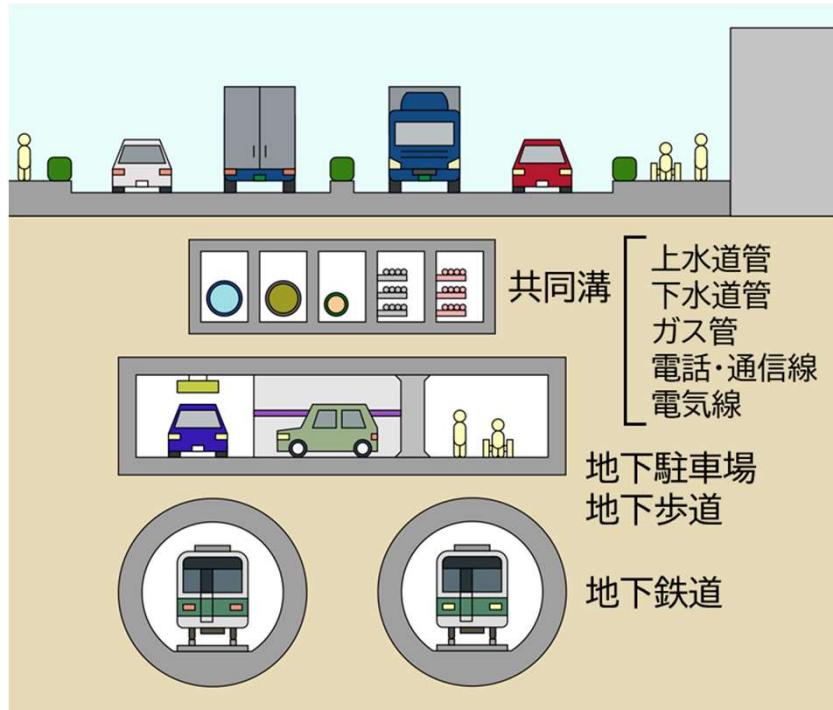
組織のシームレス化（情報統合、情報補間）

ビッグデータからビッグシミュレーション

- ・価値創造
- ・意思決定の高度化
- ・想定外の排除（可能性の評価）

地下埋設インフラの統合的マネジメント構想

一財) 日本アセットマネジメント協会
 「アセットマネジメント技術**水平展開**小委員会」設置趣意書
 2022.5設置承認



これまでの適用事例は土木構造物、いわゆる**国土交通省が管轄するインフラ施設（下水道）**が主たる対象となっており、その意味において適用範囲が限定的であったことは否めない。マルコフ劣化ハザードモデルを基幹技術とするアセットマネジメント手法のさらなる展開や、デファクト標準化を見据えると、**上水道（厚生労働省）**、**工業用水、電気・ガス（経済産業省）**、**通信（総務省）**、**農道（農林水産省）**、**海外インフラ施設（外務省、JICA）**への適用を検討する段階に差し掛かっているものと考えられる。

そこで本小委員会においては、国土交通省管轄のインフラ施設での適用実績を中心に、他省庁管轄のインフラ施設への水平展開を見据えた場合の重点項目や課題（研究開発要素）を抽出し、それぞれの分野、あるいはインフラ施設のアセットマネジメントを具現化していく。また、アプリケーション小委員会その他の委員会等とも必要に応じて連携し、セミナーの開催等を通じて広報活動を行うとともに、他省庁管轄のインフラ管理者との意見交換を実施し、双方の議論によって技術開発を加速させるための活動を行う。

分析事例

インフラDXへの着想

新規建設道路の寿命評価

ミャンマー建設省（JICAプロジェクト）

空間マッピングモデル

貝戸清之, 小林潔司, 青木一也, Ei Ei Myo, 米山秀樹, 松本圭史：空間マッピングを用いた舗装劣化速度評価：ミャンマーにおける実践, 土木学会論文集F5, Vol.77, No.1, pp.84-100, 2021.6

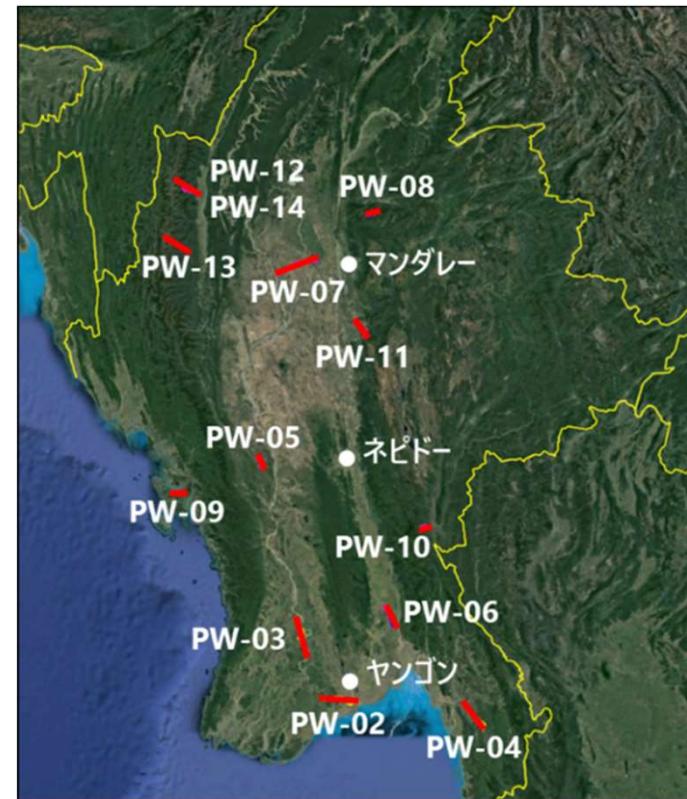
ミャンマーにおける貧困削減プロジェクト（国際協力機構（JICA））

- 州・地域間の貧困格差の是正と均衡のとれた国家開発を目標
- 生活基盤インフラの新設・改修が実施
- 有償資金協力による円借款事業
- ミャンマー全土に14路線を建設
- 12路線を簡易舗装*を用いて建設

*：建設費が安価である反面、耐久性の低い舗装

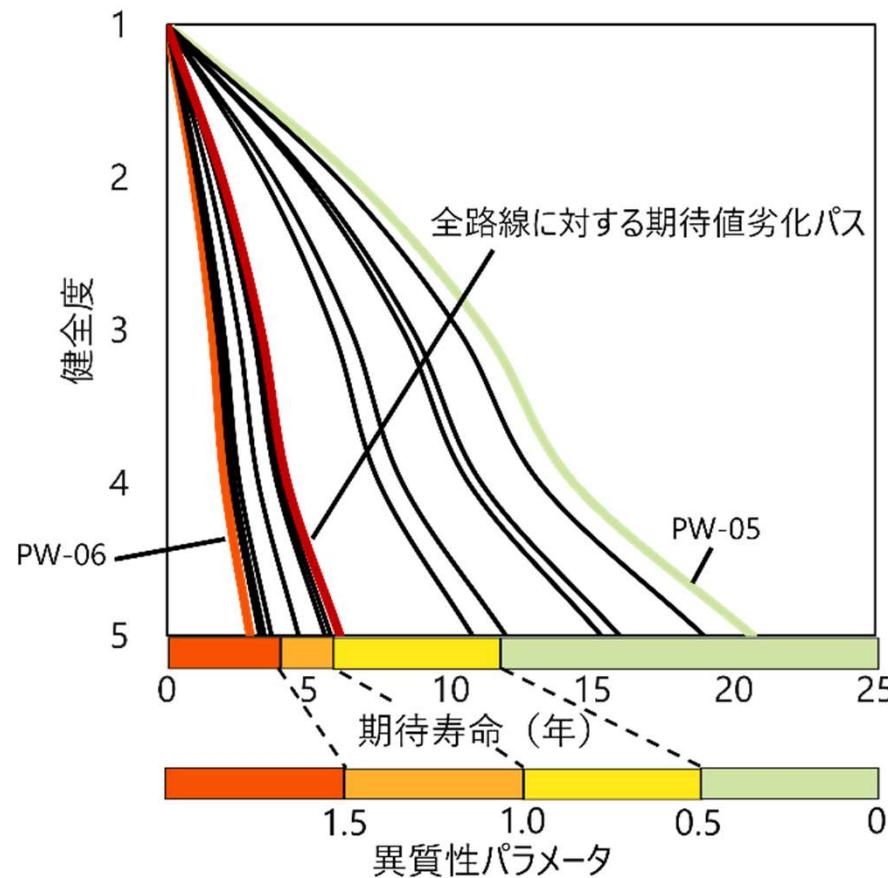
新設道路における舗装の損傷

- 南部や山間部で局所的な損傷が発生
- 交通需要の急激な増加や降雨が原因

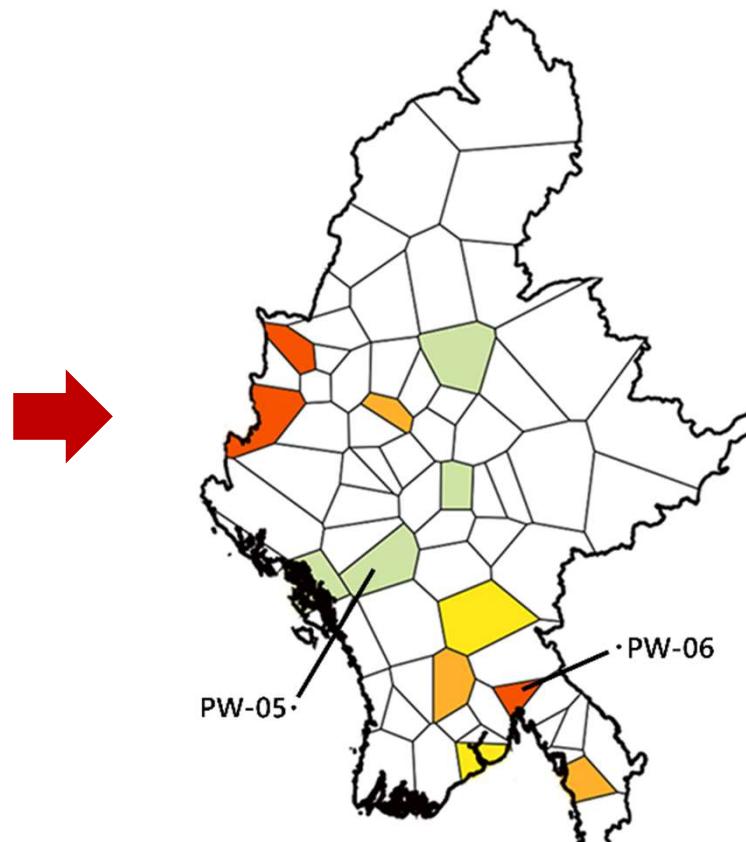


舗装劣化速度の把握が必要

混合マルコフ劣化ハザードモデルのベイズ推計
ベンチマークの期待寿命は6年



(a) 13路線の期待値劣化パス

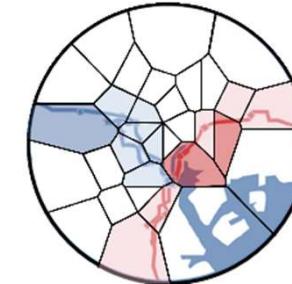


(b) 劣化速度マップ

劣化速度評価における問題と展望

点検データの獲得困難性

- ・管理者の人的/財政的リソースの制約
- ・開発途上国における地域格差や民族問題
- ▶網羅的に点検データを獲得することが困難



属性情報の活用可能性

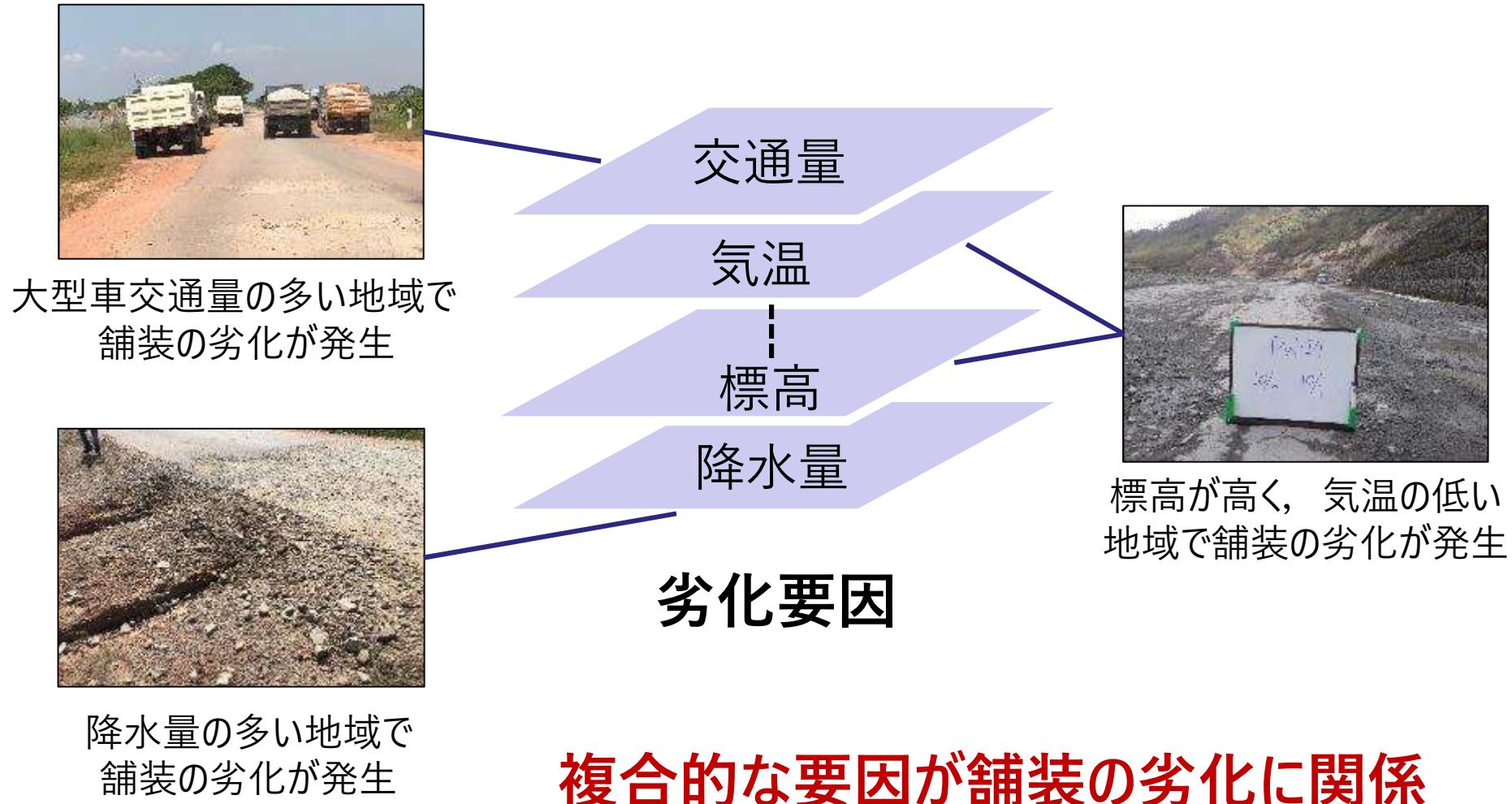
- ・維持管理や劣化予測目的外での情報整備
- ・衛星情報や航空測量を用いた情報入手
- ▶点検データ未獲得地域において使用可能



点検データ未獲得地域における属性情報を用いた劣化速度評価

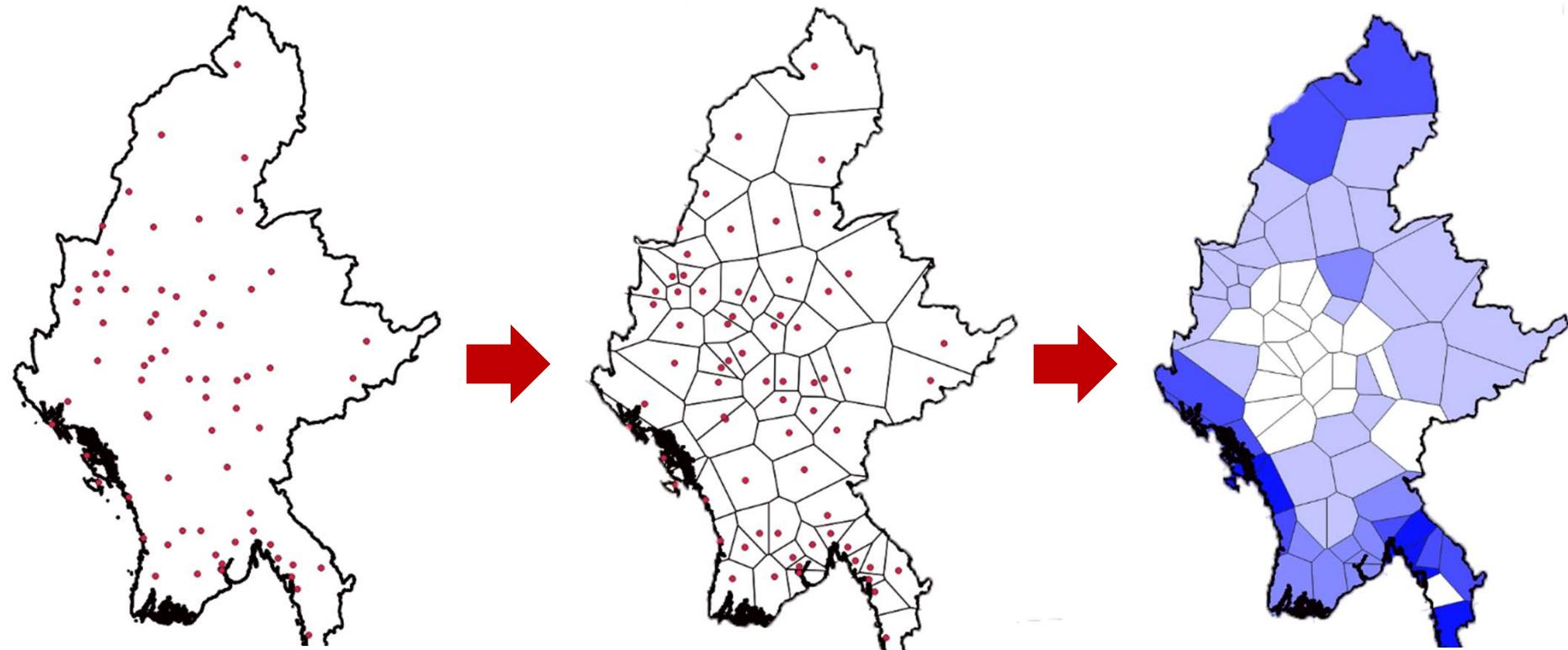
空間マッピングを用いた劣化速度評価

▶ 様々な舗装の劣化要因



複合的な要因が舗装の劣化に関係

属性情報の観測点に対して分割



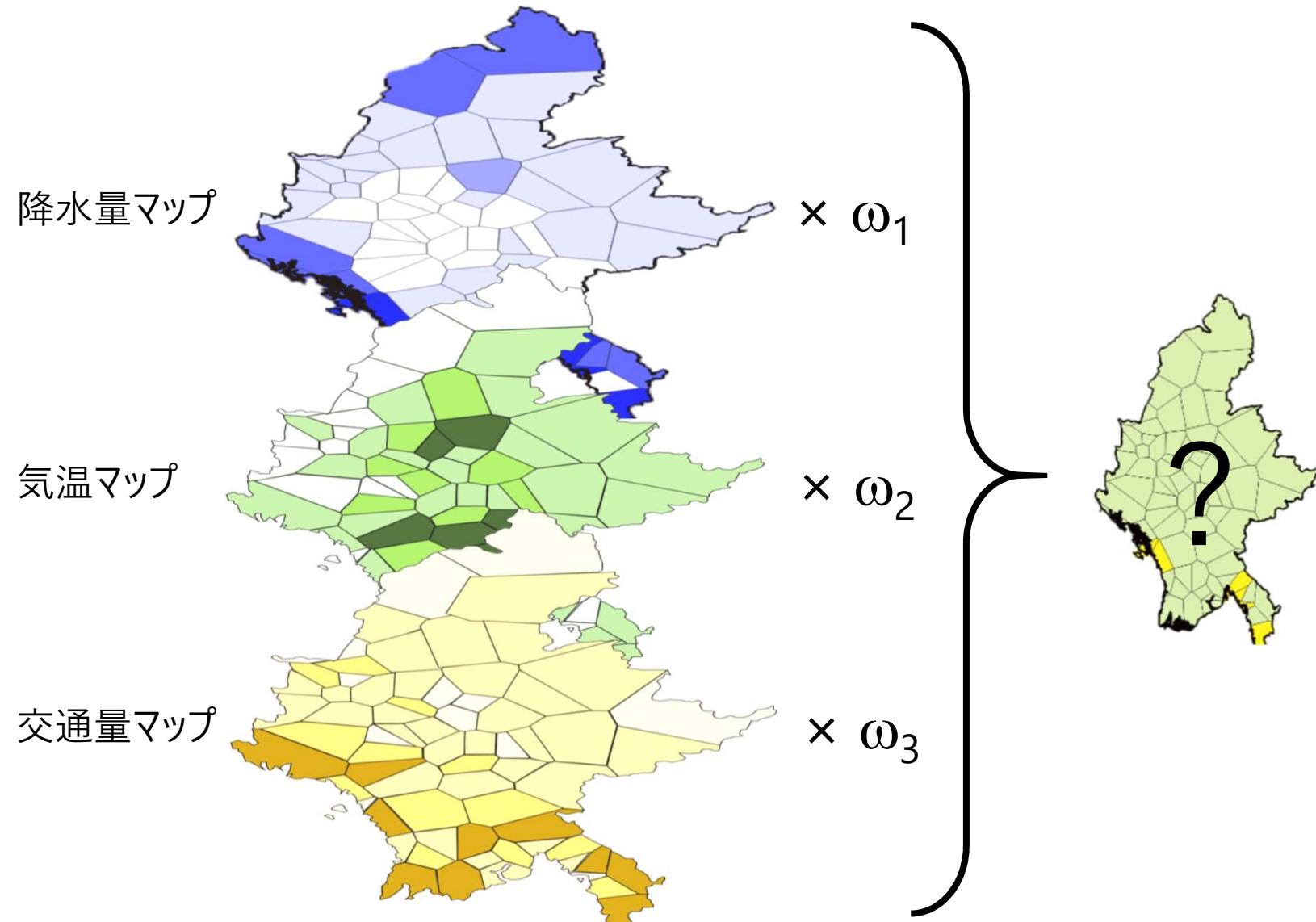
(a) 降水量等の74観測点

(b) 観測点を中心とする
ボロノイ分割(74領域)

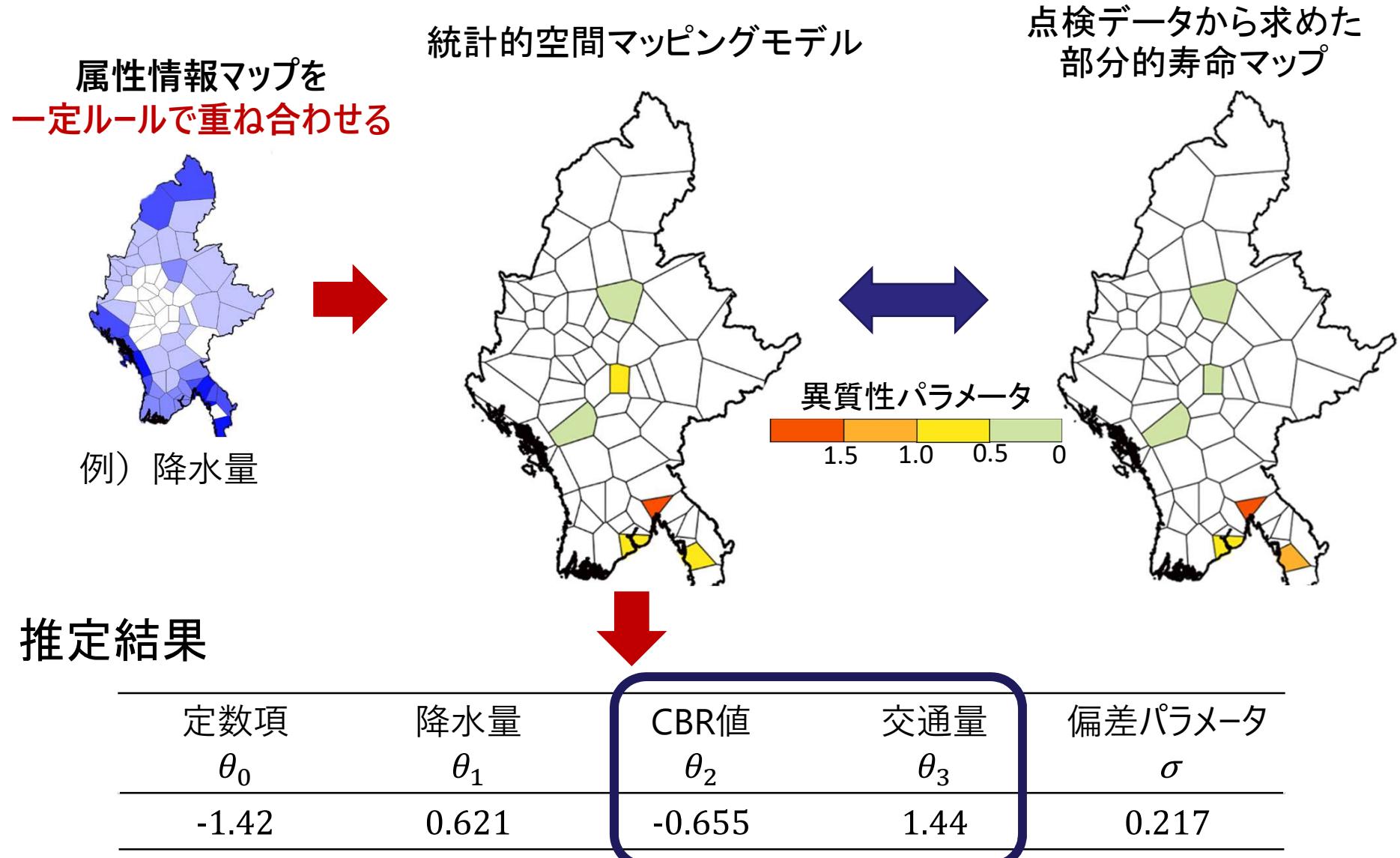
(c) 降水量に関する
属性情報分布

ボロノイ分割により領域分割を行い属性情報分布を作成

属性情報マップの重合

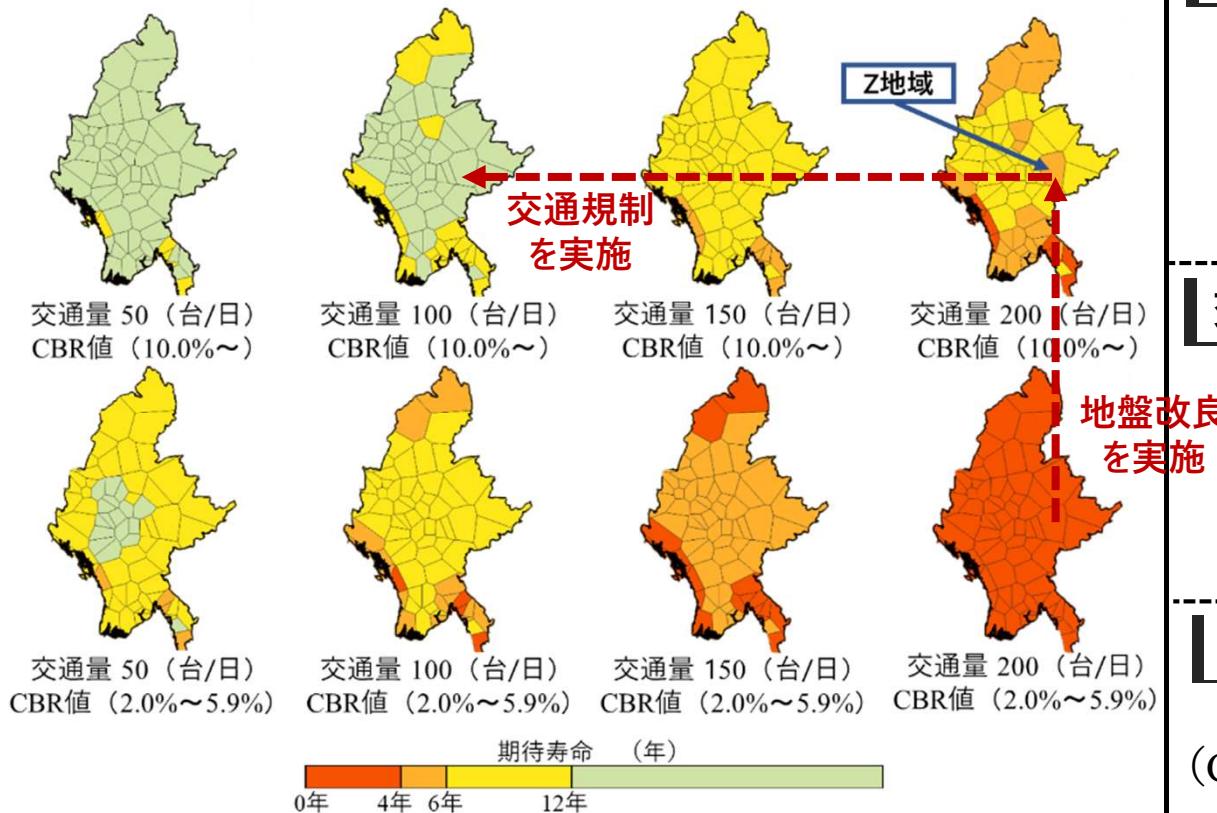


統計的マッピングモデルの推定



空間マッピングの作成（可能性の評価）

条件別寿命推定結果の活用事例紹介



Z地域に道路を建設する場合を想定

地盤改良に対する活用

舗装の目標寿命を12年に設定
(CBR値2.0%~5.9%)

CBR値10.0%~
になるように地盤改良

交通規制に対する活用

舗装の目標寿命を12年に設定
(交通量200 (台/日))

交通量が100 (台/日) 以下
になるように交通規制

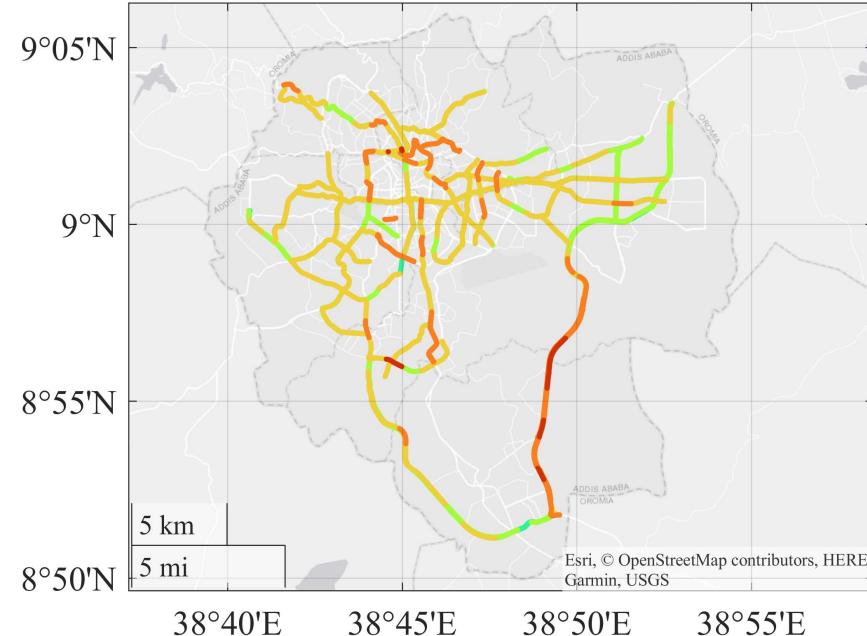
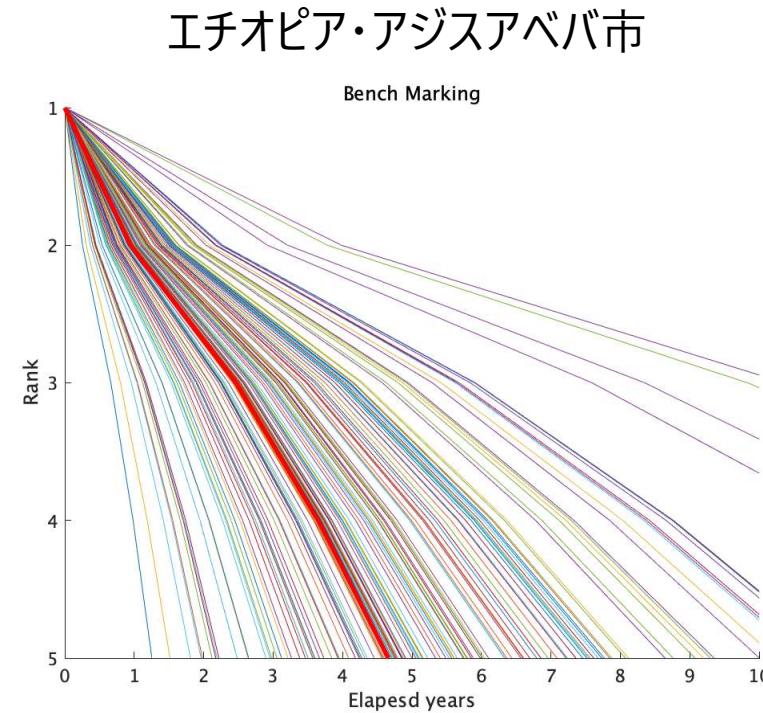
舗装選定に対する活用

舗装の目標寿命を12年に設定
(CBR値10.0%~**交通規制なしの場合**)

簡易舗装より**耐久性の高い舗装**
を用いて新規路線を建設

交通規制・地盤改良・舗装選定に条件別寿命推定結果を活用

東南アジア・アフリカ諸国への適用



JICA RAMP（道路アセットマネジメント技術の中核人材育成プログラム）との連携

- ・ミャンマー（M2）, ガーナ（M1）
- ・エチオピア（D3）, ネパール（D1）, ラオス（D1）
- ・次年度 エチオピア2名, カンボジア1名（それぞれD1）
- ・ベトナム, インドネシア

ご清聴、ありがとうございました。