

2025.10.30

令和7年度 港湾空港技術講演会

適切なインフラマネジメントの実現のための 予防保全の取組み

東京科学大学

岩波 光保

本日の内容

- ー インフラマネジメントの現状と課題
- ー 予防保全効果の可視化に関する取組み
- ー 点検診断や評価予測の高度化に向けた取組み
- ー 今後の展望

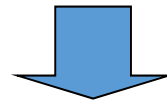
インフラマネジメントの現状と課題

建設後50年を経過するインフラの割合と 今後の維持管理・更新費

	2013年3月	2023年3月	2033年3月
道路橋 (年代が分かる約40万橋)	約18%	約43%	約67%
トンネル (約1万本)	約20%	約34%	約50%
河川管理施設(水門等) (約一万施設)	約25%	約43%	約64%
下水道管きょ(約45万km)	約2%	約9%	約24%
港湾岸壁 (約5千施設)	約8%	約32%	約58%
維持管理・更新費 (国土交通省試算)	約3.6兆円	約4.3～5.1兆円	約4.6～5.5兆円

インフラマネジメントの現状と課題

- ・劣化が顕在化した構造物が急増（高度成長期に整備）
- ・予算上の制約（人口構成、少子高齢化）
- ・インフラの特殊性（社会的役割、耐用年数）
- ・制度上の制約（管理者の規模）
- ・維持管理のための技術が未確立



2013年を社会インフラのメンテナンス元年と位置付け、
国を挙げた様々な取組みが実施されてきている。

しかし...

新型コロナ流行前後で実施したインフラに関する 国民の意識調査の報告書及びアンケートデータの公表について

令和3年11月18日

近年、気候変動の影響等による災害の激甚化・頻発化や新型コロナウイルス感染症の流行などの様々な社会情勢の変化が生じています。

(一財)国土技術研究センターは、これらの社会情勢の変化によるインフラに関する国民意識の変化等を把握するため、土木学会と連携し、インフラに関するインターネットアンケート調査を実施し(アンケートは2017年と2021年に実施)、結果(速報)を令和3年7月28日に公表したところです。

このたび、追加分析等を行い、報告書を取りまとめましたので公表致します。

また、併せて他の研究者・研究機関等の研究に活用いただくことを目的とし、アンケート回答のローデータも公表致します。

1. 調査の概要

- (1) 調査対象者 : 全国18歳～79歳男女
- (2) サンプル数 : 3,000人
- (3) 調査期間 : 2021年4月27日(火)～5月6日(木)

※ 前回調査は2017.4.29～5.10に実施、(1)(2)(4)については今回と同様

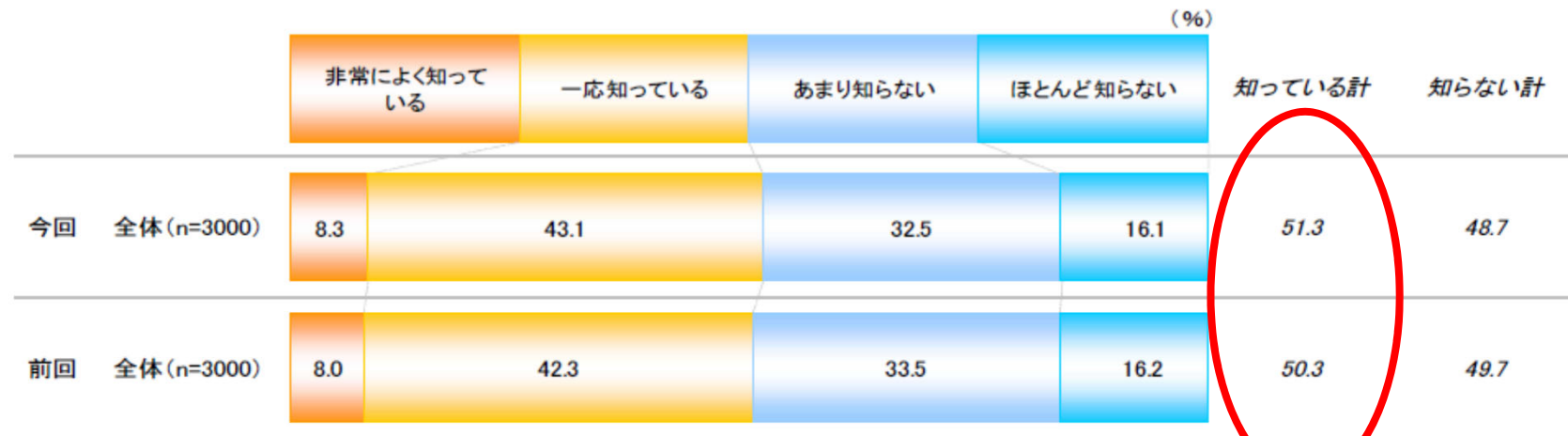
- (4) 調査方法 : 登録モニターによるインターネット調査

しかし...

■社会資本の維持管理・更新の理解・評価(課題認知／優先性／選別の必要性／住民協力の必要性)

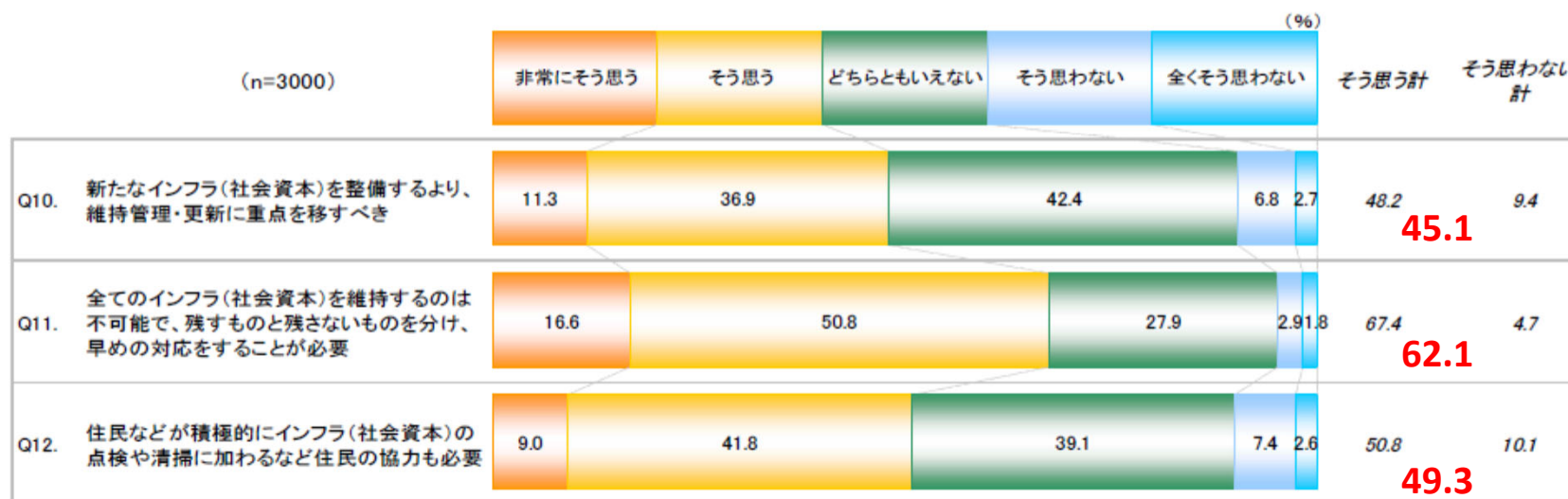
- ・ 社会資本の維持管理・更新費用の課題認知率は5割程度にとどまる。
- ・ 前回調査と比較すると、Q11「全てのインフラ(社会資本)を維持するのは不可能で、残すものと残さないものを分け、早めの対応をすることが必要」については肯定的回答が5ポイント以上増えている。その他の設問については、3ポイント程度以下の増減であり、大きな変化はない。

Q9. 今後、戦後の急成長期以降に急速に蓄積してきた膨大なインフラ(社会資本)が耐用年数を迎え、増加する維持管理・更新費用への対応が大きな課題となることをあなたはご存じですか。



しかし...

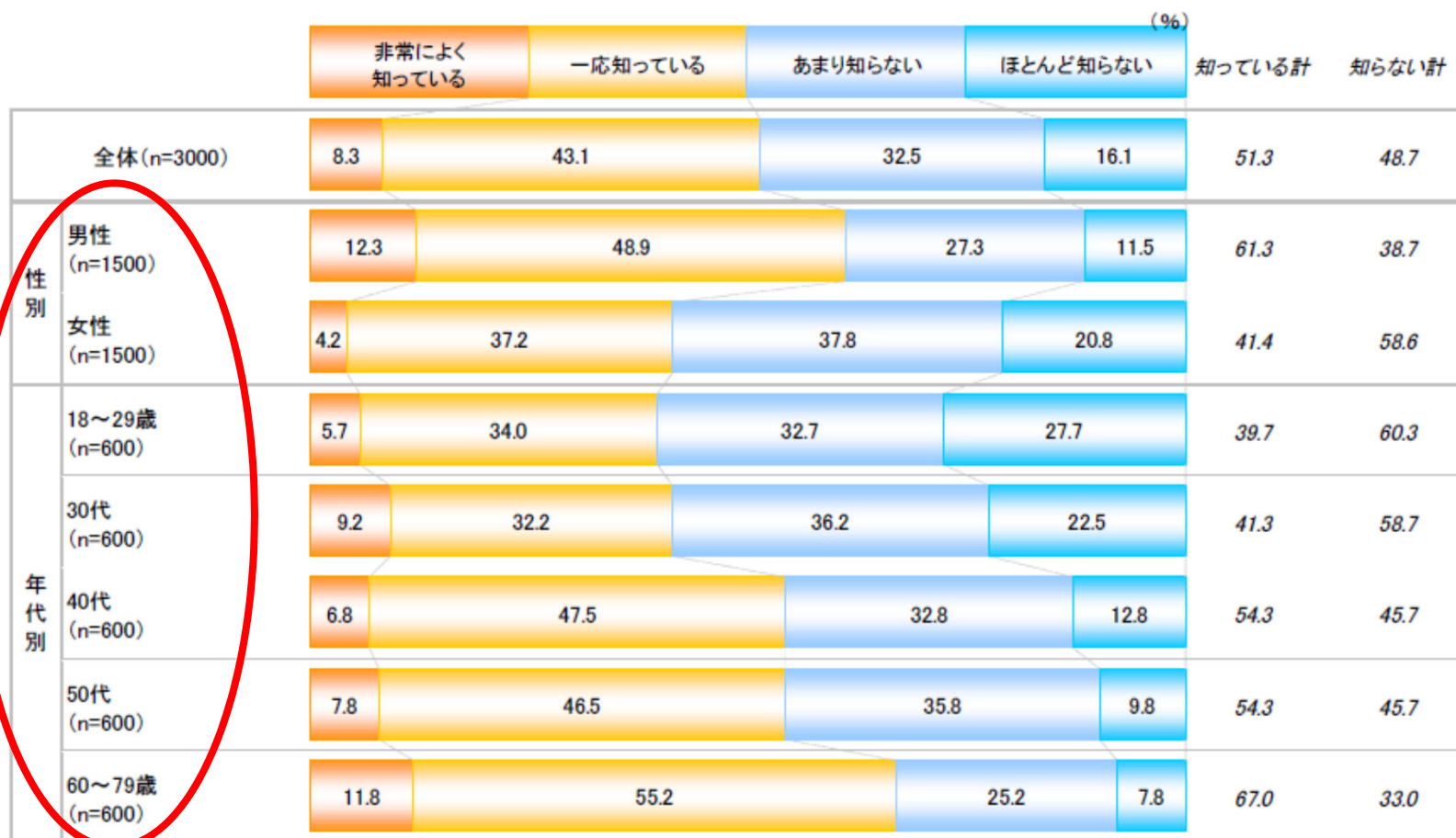
- Q10. 増加する維持管理コストへの対応として、新たなインフラ(社会資本)を整備するより、維持管理・更新に重点を移すべきだとの意見がありますが、あなたはどのように思われますか。
- Q11. インフラ(社会資本)の老朽化が急速に進行するため、全てのインフラ(社会資本)を維持するのは不可能で、残すものと残さないものを分け、早めの対応をすることが必要だとの意見がありますが、あなたはどのように思われますか。
- Q12. インフラ(社会資本)の老朽化に的確に対応していくためには、住民などが積極的にインフラ(社会資本)の点検や清掃に加わるなど住民の協力も必要だとの意見がありますが、あなたはどのように思われますか。



前回

しかし...

Q9. 今後、戦後の急成長期以降に急速に蓄積してきた膨大なインフラ(社会資本)が耐用年数を迎え、増加する維持管理・更新費用への対応が大きな課題となることをあなたはご存じですか。



予防保全効果の可視化 ～道路橋を事例に～

検討の背景

- 高度経済成長期に整備された橋梁が老朽化し、維持管理費用の増大が社会課題となっている。特に、緊急性の高い橋梁への修繕に予算や人手がとられ、損傷が比較的軽微な橋梁に対する予防保全は後回しとなりがちである。その結果として、長期的には多数の橋梁が劣化し、のちに多額の修繕費用を要する懸念がある。
- 予防保全により修繕費用を抑制する技術やその効果を評価する手法の開発、並びに定量的な根拠に基づき効果的かつ持続的に予防保全を実施するための資金調達手法の整備が強く求められている。

検討の目的と手法

- 予防保全措置の実施により、多額の費用を要する修繕時期を先送りすることで生じる財務的メリットを現在価値に換算した指標である「財務的予防保全効果」を提案した。
- 定量的な指標の活用により、予防保全を優先的に実施するための説明性を向上し推進するための方策を考察した。
- 本研究にあたっては、浜松市の協力を得て、同市が管理する道路橋を対象とした点検および修繕等の維持管理データを基に分析を実施した。

浜松市の橋梁維持管理に関する現状と課題

- 浜松市では、2023年時点で、5,779 橋の道路橋（橋長2m以上）を管理している。同市で建設後50年以上経過した道路橋の占める割合は、2023 年時点の約45%からその20 年後（2043 年）には約90%にまで増加する。
- 2022 年11 月に公表された「浜松市道路橋長寿命化計画（改定版）」を基に健全性別の修繕計画率は下表のとおりである。これによると、健全性Ⅲ・Ⅳの橋梁に対して必要な修繕は概ね実施されている一方、健全性Ⅱに対する措置は限定的である。健全性Ⅲの予備軍となる健全性Ⅱの橋梁が多数を占め、今後老朽化に伴い増加していく状況を鑑みれば、予防保全措置の実施により健全性Ⅲへの進行を防ぐ重要性が示唆される。

浜松市の健全性別修繕計画率（2019年3月時点）

健全性	橋梁数(A)	修繕計画数(B)	修繕計画率(B÷A)
I（健全）	2,652	0	0.0%
II（予防保全段階）	2,635	6	0.2%
III（早期措置段階）	456	417	91.4%
IV（緊急措置段階）	7	7	100.0%
合計	5,750	430	7.5%

予防保全から期待される効果の指標化（1／2）

- 予防保全の効果は多岐にわたり、維持管理費用等のライフサイクルコストの抑制や、施設の長寿命化、資産価値の維持、安全性の向上などが挙げられる。
- 本検討では、そのなかでもライフサイクルコスト抑制の効果を定量化するものとして、予防保全により劣化の進行を遅らせて大規模修繕工事を延期させる効果（本検討では「修繕延期効果」と呼ぶ）と、それに伴い長期的な維持管理費用が抑制される効果（同じく「財務的予防保全効果」と呼ぶ）に着目した。

修繕延期効果と財務的予防保全効果の定義と算出方法

	定義	算出方法
修繕延期効果	予防保全措置により、大規模修繕工事が延期される効果 (年数で表示)	橋種、予防保全措置の工法等から推定
財務的予防保全効果	修繕延期効果の財務的側面を定量化した指標 (金額で表示)	大規模修繕工事延期の効果と予防保全措置費用を現在価値に換算して算出

予防保全から期待される効果の指標化（2／2）

- 修繕延期効果によって修繕費用の発生時期が遅れることから、費用支出を割引率で現在価値に換算すると、費用負担が低減するメリットが生じる。このメリットから予防保全措置の費用を控除した金額を「財務的予防保全効果」と定義し、計算式を以下に示す。

$$E_p = \underbrace{\frac{C_{ro}}{(1+r)^T}}_{\text{予防保全を実施しない場合のライフサイクルコスト}} - \underbrace{\left\{ \frac{C_p}{(1+r)^t} + \frac{C_{rw}}{(1+r)^{T+\alpha}} \right\}}_{\text{予防保全を実施する場合のライフサイクルコスト}}$$

予防保全を実施しない場合の
ライフサイクルコスト

予防保全を実施する場合の
ライフサイクルコスト

上記計算式において、各変数の定義は以下のとおり。

E_p : 財務的予防保全効果、 C_{ro} : 予防保全措置を実施しない場合の修繕費用、

C_p : 予防保全措置の費用、 C_{rw} : 予防保全措置を実施する場合の修繕費用、

r : 割引率、 T : 修繕工事までの期間、 t : 予防保全措置までの期間、

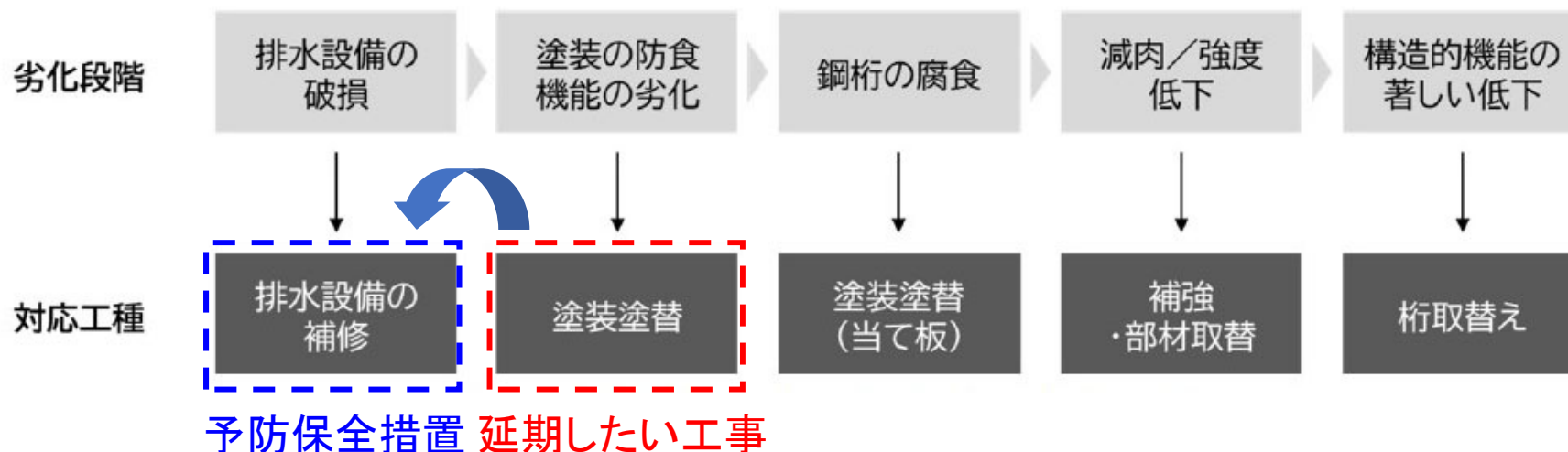
α : 予防保全措置によって修繕工事が延期される期間

- 財務的予防保全効果 E_p がプラスの場合、その予防保全措置に財務的なメリットがあり、財務的予防保全効果 E_p がマイナスの場合、その予防保全措置に財務的メリットがないと判断する。

財務的予防保全効果試算の前提

- 浜松市のデータと前頁の算出式をもとに、実際の橋梁における「財務的予防保全効果」を試算した。
- 試算にあたっては、浜松市の橋梁修繕データから1橋あたりの修繕費用が高い傾向が確認された、「**鋼橋の塗装塗替**」を**延期する工事**として想定し、効果測定対象の予防保全措置を検討した。
- したがい、塗装塗替の前段階の工種である排水設備の補修を「予防保全措置」、同措置により塗装塗替の実施時期を延期する効果を「修繕延期効果」、その財務的側面を「財務的予防保全効果」として示す。

変状連鎖に基づく鋼橋における劣化段階ごとの代表的な対応工種



財務的予防保全効果試算のシナリオ

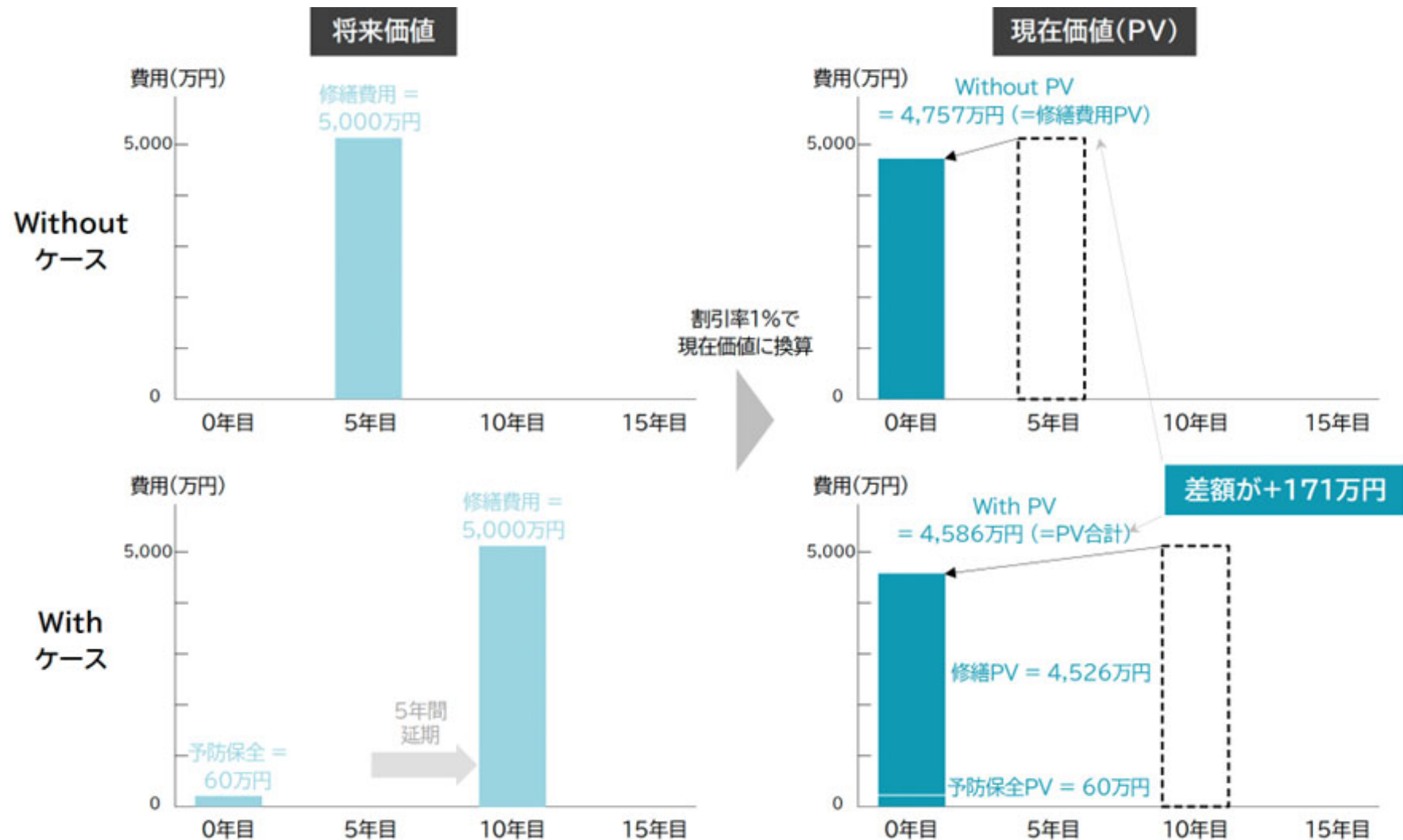
全般	・ シナリオ：排水施設工実施によって、桁の塗装塗替えが延期される
	・ 橋種：鋼桁橋
	・ 橋長：50m
	・ 直接工事費の 2.5 倍を請負費用と想定
	・ 割引率：1%
Without	・ 予防保全なし
ケース	・ 修繕として、塗装塗替工＋仮設工（=5,000 万円* ¹ ）が 5 年目に発生
With	・ 予防保全として、排水施設工；排水設備補修・水切り材設置（=60 万円* ² ）を
ケース	0 年目に実施
	・ 修繕が 5 年延期され、塗装塗替工＋仮設工（5,000 万円）が 10 年目に発生

注) *1 浜松市の実績(橋長57.2m)が(塗装塗替工＋仮設工の直接工事費)×2.5≒5,500 万円だったため、橋長50m の修繕費用を5,000 万円と設定した(請負金額ベース)。

注) *2 浜松市の修繕工事実績を参考に、排水設備補修は直接工事費4 万円、水切り材設置は直接工事費2,000 円/m×施工数量100m=20 万円として、60 万円と設定した(請負金額ベース)。

財務的予防保全効果の試算結果

予防保全（排水施設工）に60万円支出することによる「財務的予防保全効果」は+171万円と算定された。このケースにおいては、60万円の支出に対しておよそ3倍のライフサイクルコスト削減効果（現在価値ベース）を期待できることが示された。



社会実装に向けた取り組み状況

1. より広範な橋種・工種を対象とした予防保全効果の算出

⇒ 2024年度に実施した国土交通省「民間提案型官民連携モデリング事業」における「包括的民間委託×予防保全ファイナンスの導入可能調査」では、**PC橋を含むコンクリート橋**について、その劣化メカニズムを整理し予防保全方針の検討を行うことで、効果の定量化に向けて検討を進めた。

⇒ 財務的予防保全効果の実装にあたっては、これら広範な橋種・工種を対象として、予防保全の効果を橋梁間で比較すること、そして**複数の橋梁を束ねた予防保全計画**の立案に応用することが必要である。

2. 実データに基づく修繕延期効果の算定

⇒ 2024年度調査では、浜松市に提供いただいた鋼橋点検データ417橋分を学習データとして統計的アプローチ(マルコフ劣化ハザードモデル)にもとづく劣化予測モデルを採用した。予防保全措置(水回り)の実施による**橋梁の修繕延期効果は10年と推計**された。

財務的予防保全効果指標の活用に向けて

・効果の高い予防保全事業の特定

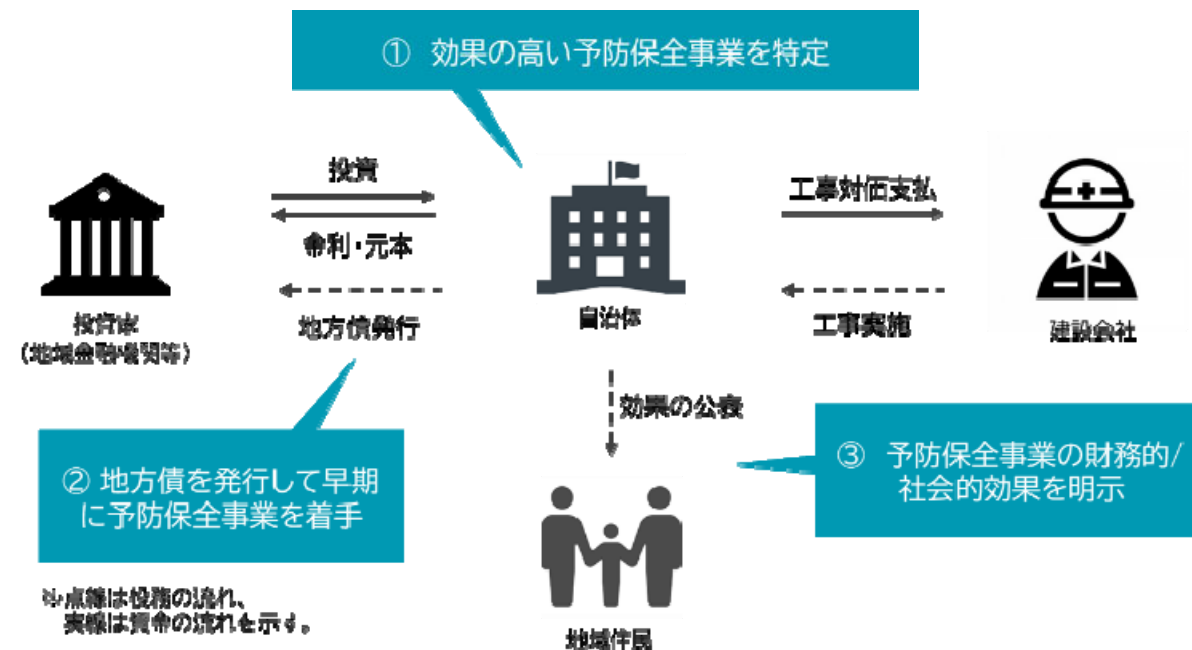
財務的予防保全効果の活用により、優先度の高い予防保全措置を選別する。

・補助金の優先配分または地方債の発行による予防保全事業の早期着手

優先度の高い予防保全措置に関して、国庫補助金（道路メンテナンス補助）の優先的な配分を要請する。補助金の内示が得られない場合は、財務的予防保全効果を活用して地方債を発行し早期着手を促す。

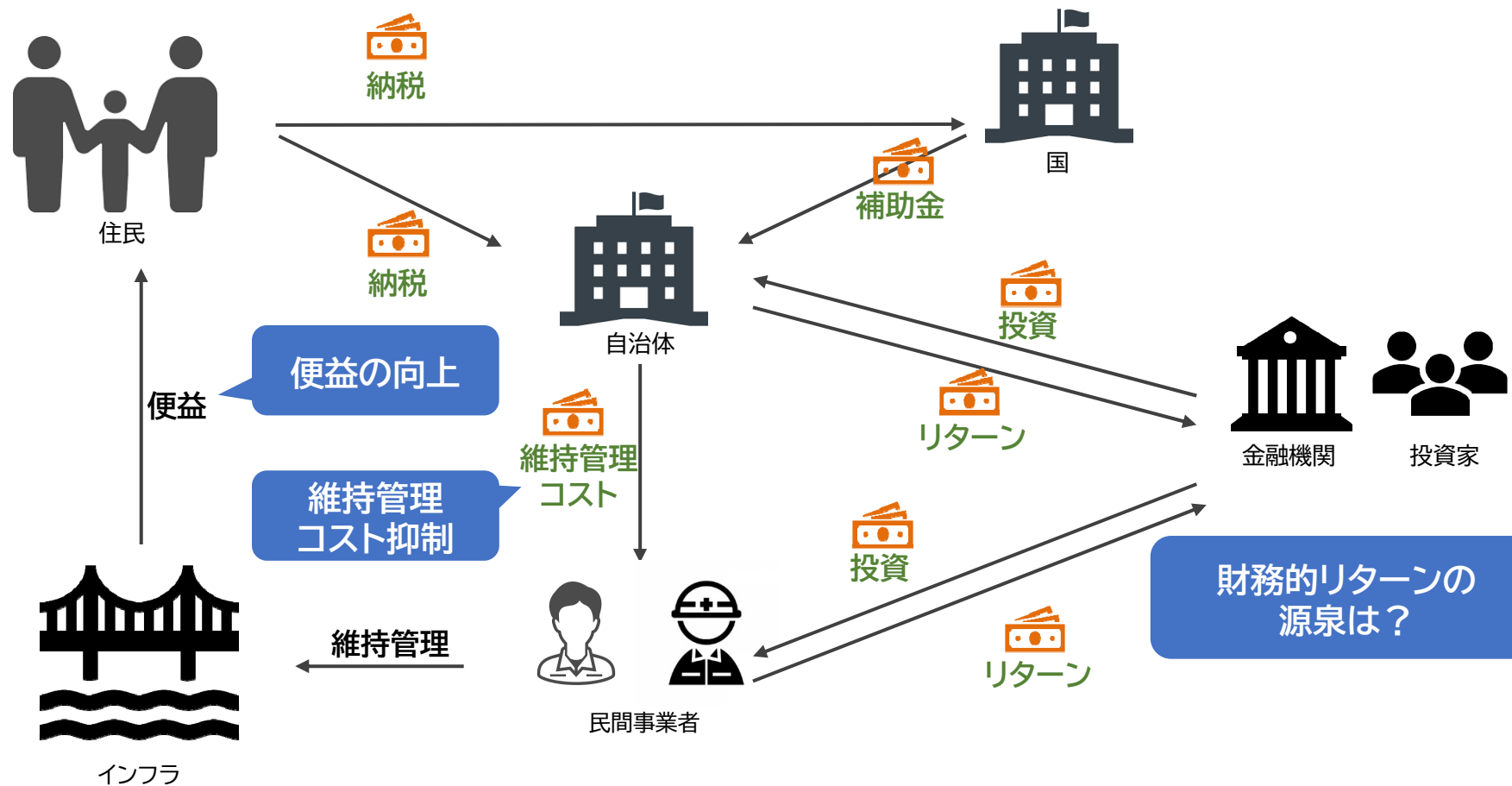
・予防保全事業の財務的・社会的効果の明示

優先して実施する予防保全事業の効果を可視化し、補助金申請や地方債発行の妥当性・説明力を高める。



資金の確保が重要(特に、初期投資)

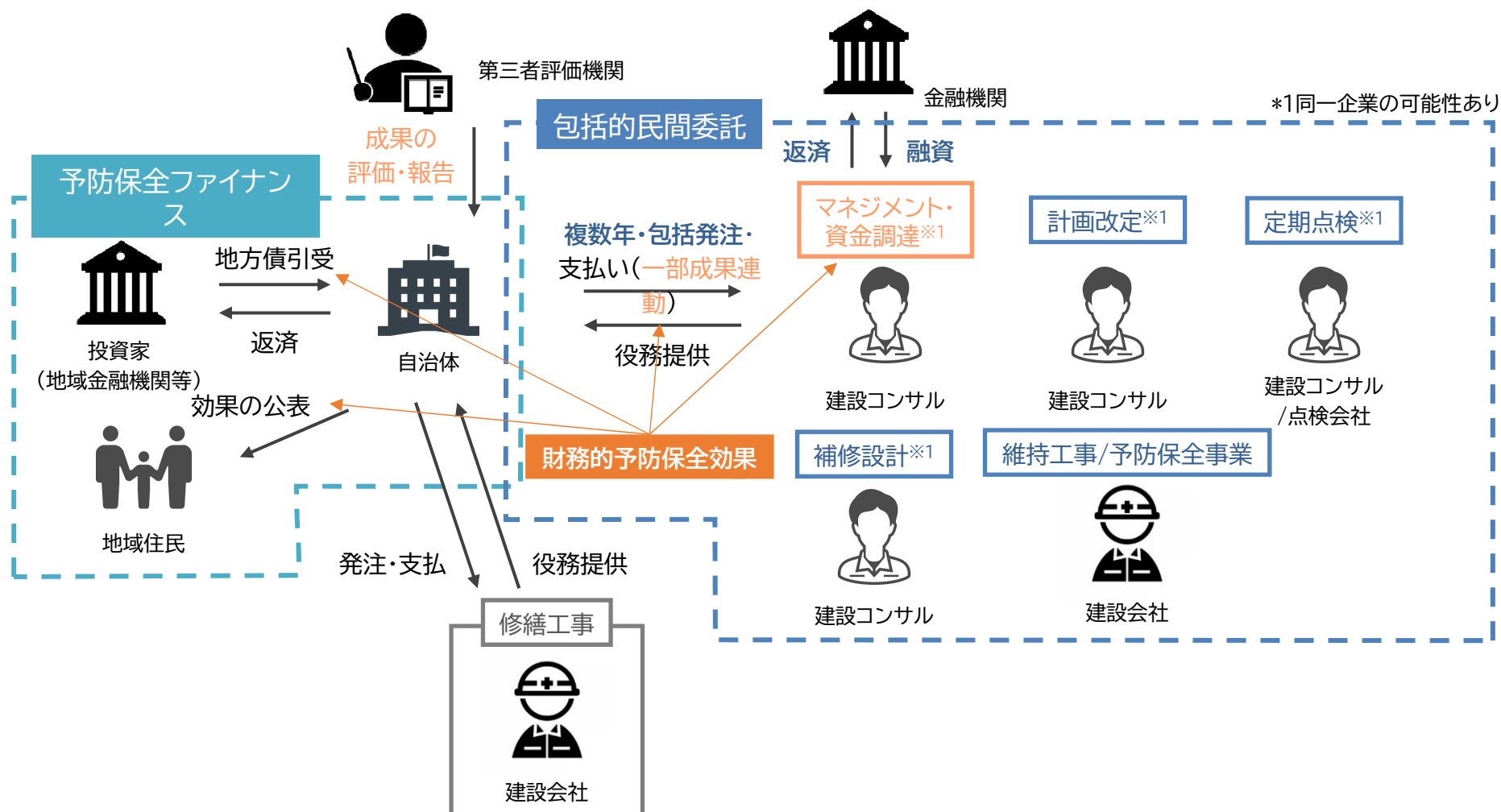
- 収益を生まないインフラであること、投資対象として見られるにはリスクリターンが必要
- 効果を定量化することで、少しでも金融の仕組みとして扱える姿に近づけることが必要



公共インフラに民間資金が回るイメージ

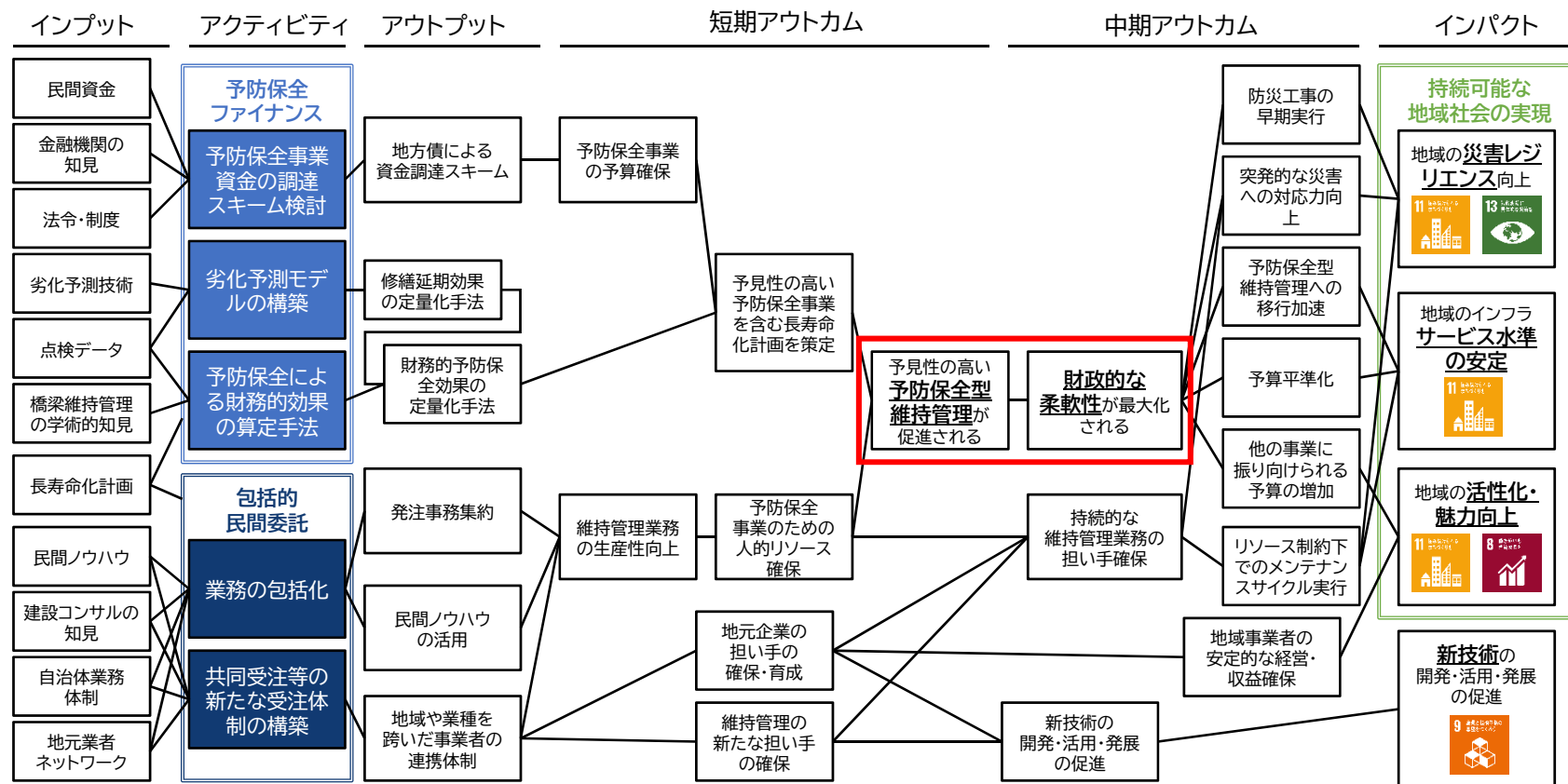
「包括的民間委託×予防保全ファイナンス」スキーム

- 民間事業者が解決手法の選定における裁量を与え、事業資金を金融機関等から調達、成果指標の達成度に応じて償還



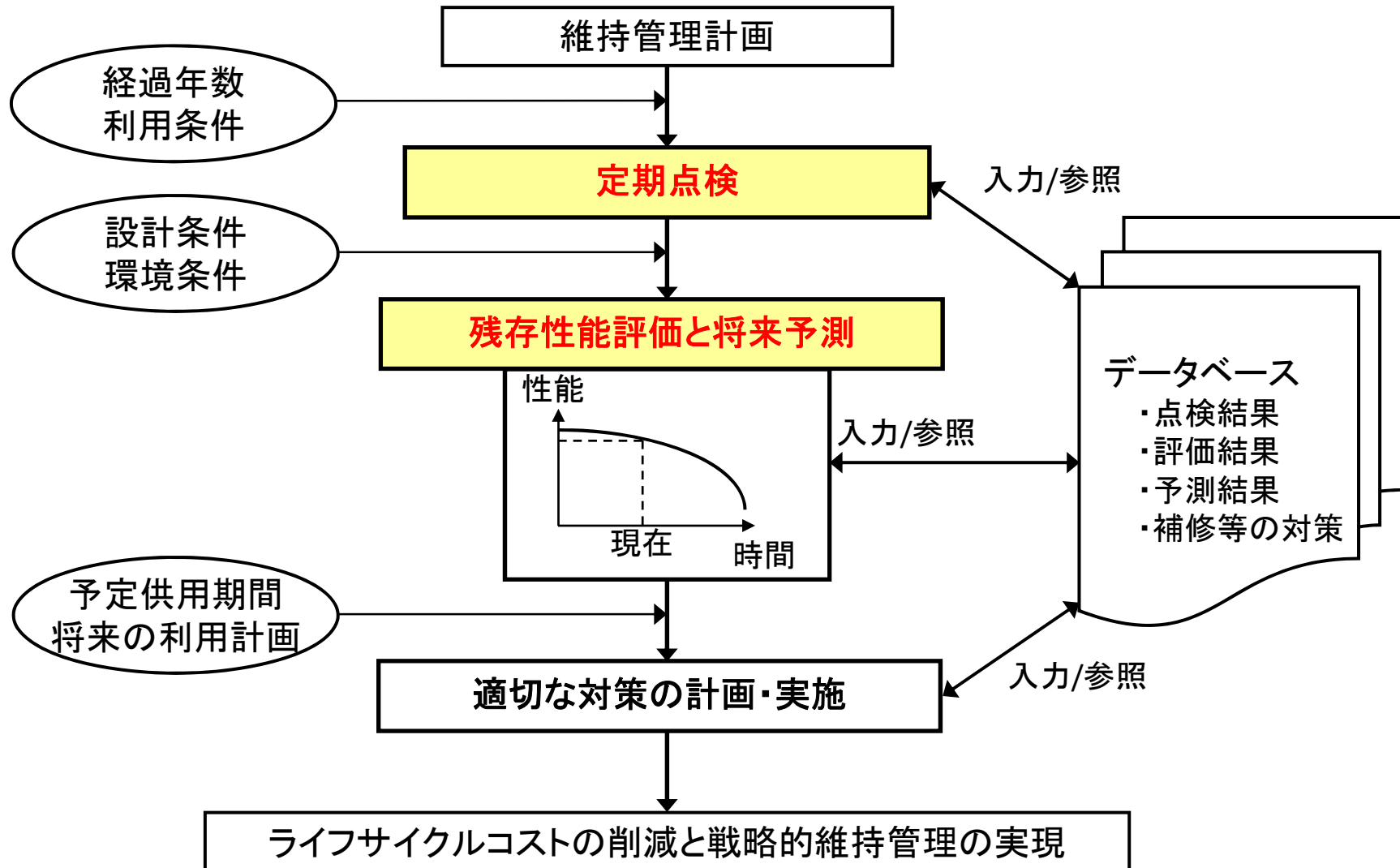
社会実装へのシナリオ

- 予防保全ファイナンスと包括的民間委託の組合せで、「持続可能な地域社会の実現」へ。
- 「財務的予防保全効果」は財政的な柔軟性を評価する指標 → 維持管理業務の成果指標？



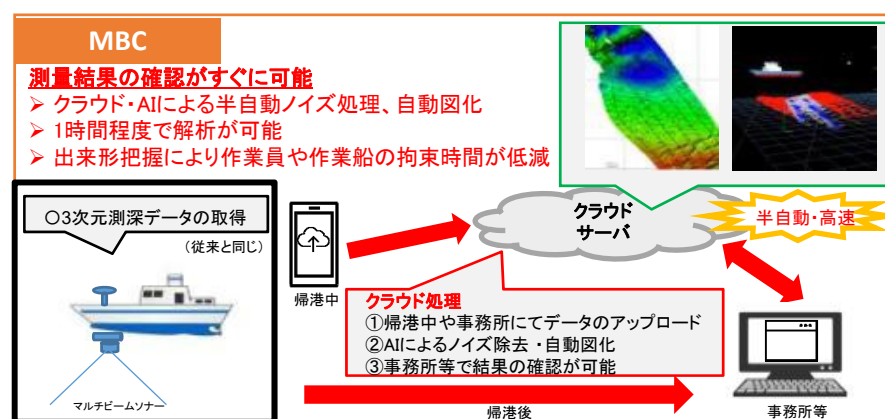
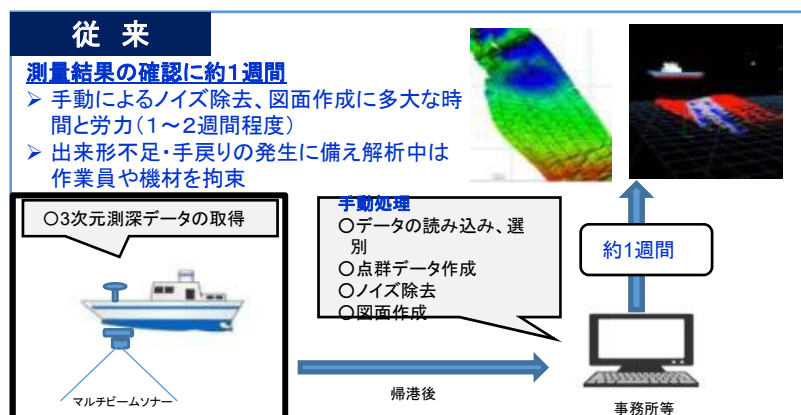
ロジックモデルによるインパクトの可視化

インフラマネジメントのフロー



マルチビームデータクラウド処理システム(MBC)の運用

- マルチビームソナーによる海底の地形測量において、測深データをクラウドサーバーに送信し、クラウド上でノイズ処理することにより解析の省力化・高速化を図るシステムを開発し、令和6年度に試験運用を行った。
- **令和7年度は、ICT施工のマルチビームによる起工測量等の解析に活用する試行工事を実施し、データ解析の省力化を図るとともに、港湾業務艇による管理測量への活用、大規模災害発生時の活用を開始。**

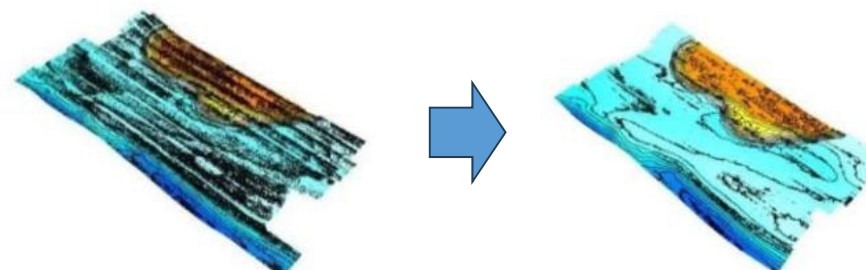


ICT施工(浚渫工、基礎工、海上地盤改良工)での活用

- 起工測量の解析時間短縮
出来形測量※の出来形把握
※ 当面、MBCでノイズ処理したデータは、「ICT浚渫工での水路測量」、「ICT基礎工での捨石均しの出来形測量」には利用することができないため、活用はICT浚渫工の出来形把握のみ。
- 作業員や作業船の拘束時間の低減
- 測量業務等、ノイズ処理等の内業の負担軽減、費用縮減

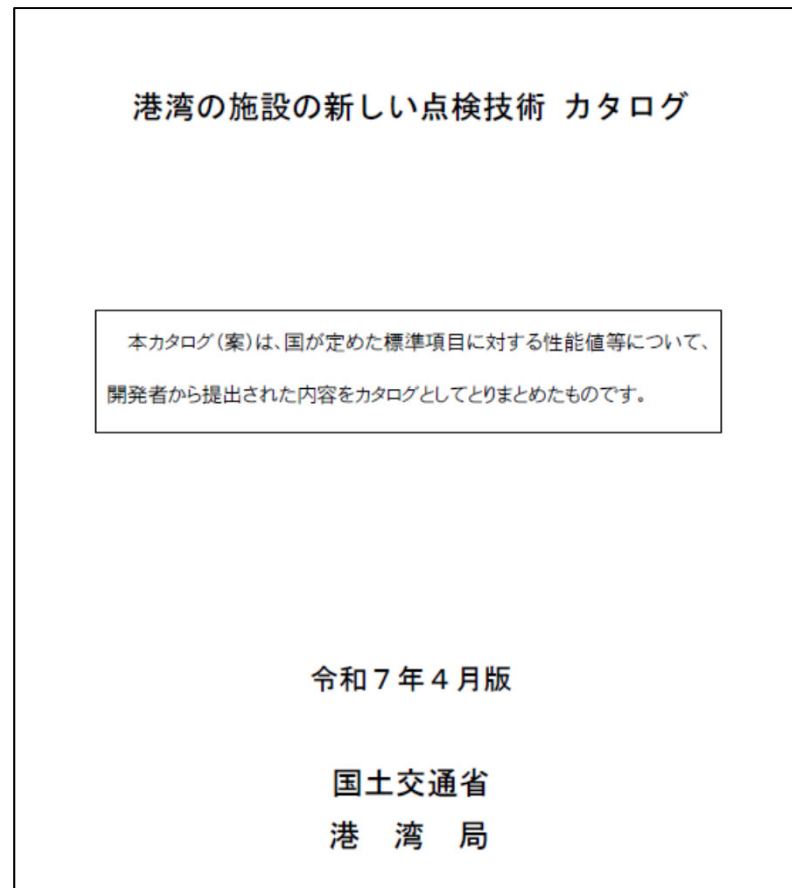
(参考) ノイズ除去なし

ノイズ除去後



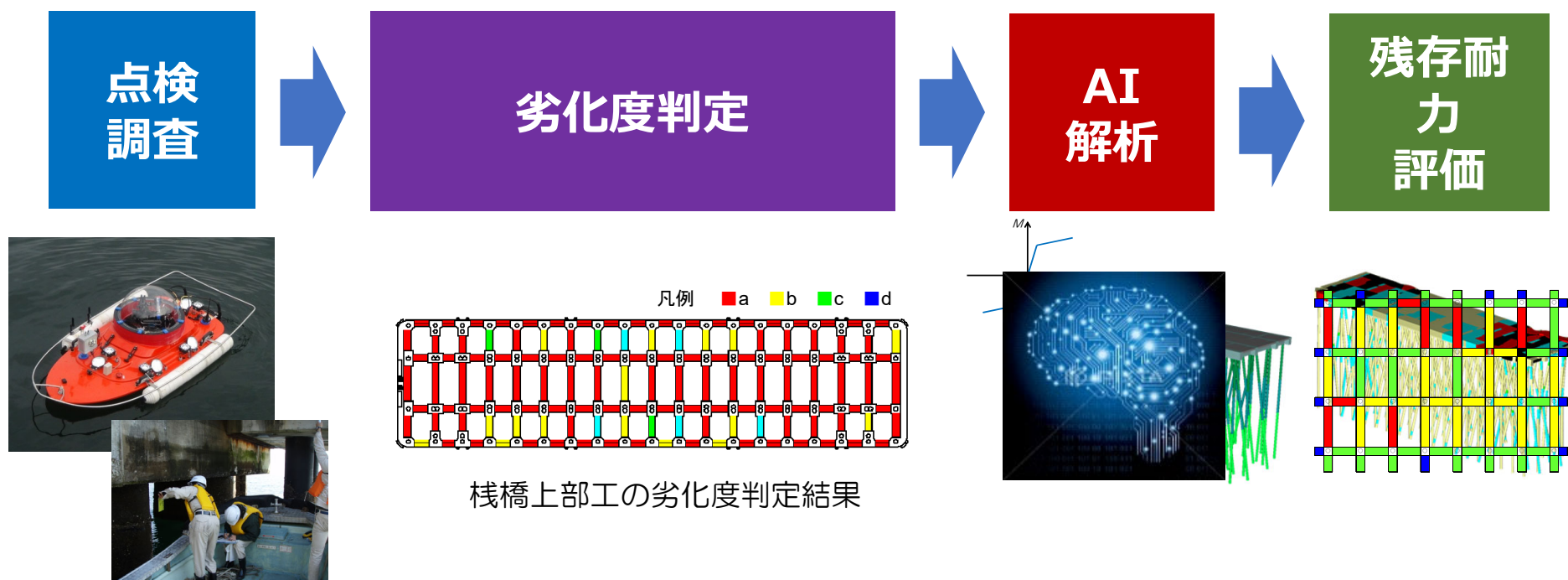
港湾の施設の新しい点検技術カタログ

国土交通省港湾局では、港湾管理者の人員・技術力不足や予算確保が厳しい中、港湾の施設の点検診断の効率化を可能とする新しい点検技術の活用を推進しています。点検者の参考となるよう、民間技術を公募の上、応募者による検証を経た技術を取りまとめたカタログを令和2年度に作成し、掲載技術の拡充等を毎年度行っています。



https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_tk5_000040.html

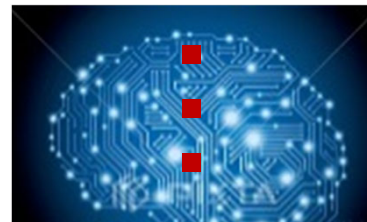
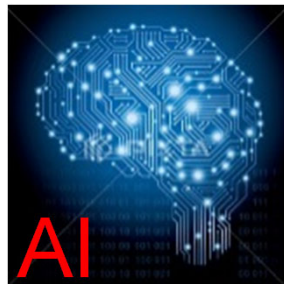
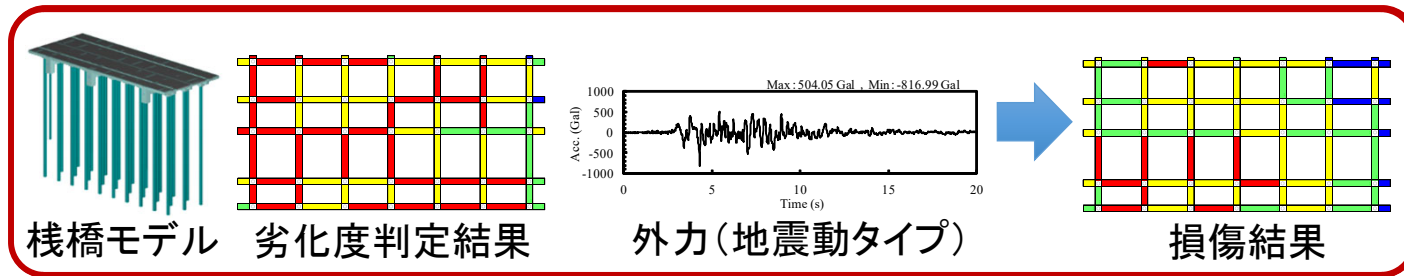
AIを用いた残存耐力評価手法の開発



点検診断～性能評価の流れ

AIを用いた残存耐力評価手法の開発

AIモデルの学習方法とモデルの構築

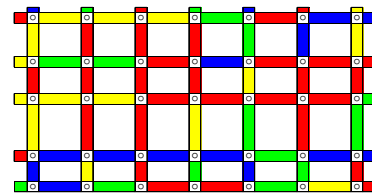


約2000ケースの構造解析条件と
構造解析結果の組合せを学習

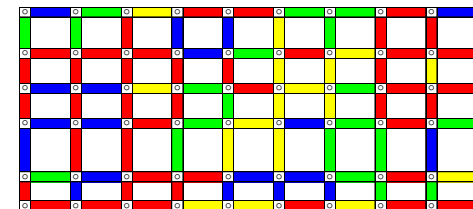
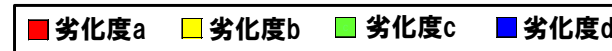
AIモデルの構築

AIを用いた残存耐力評価手法の開発

対象栈橋の劣化度分布



栈橋A



栈橋B

予測結果

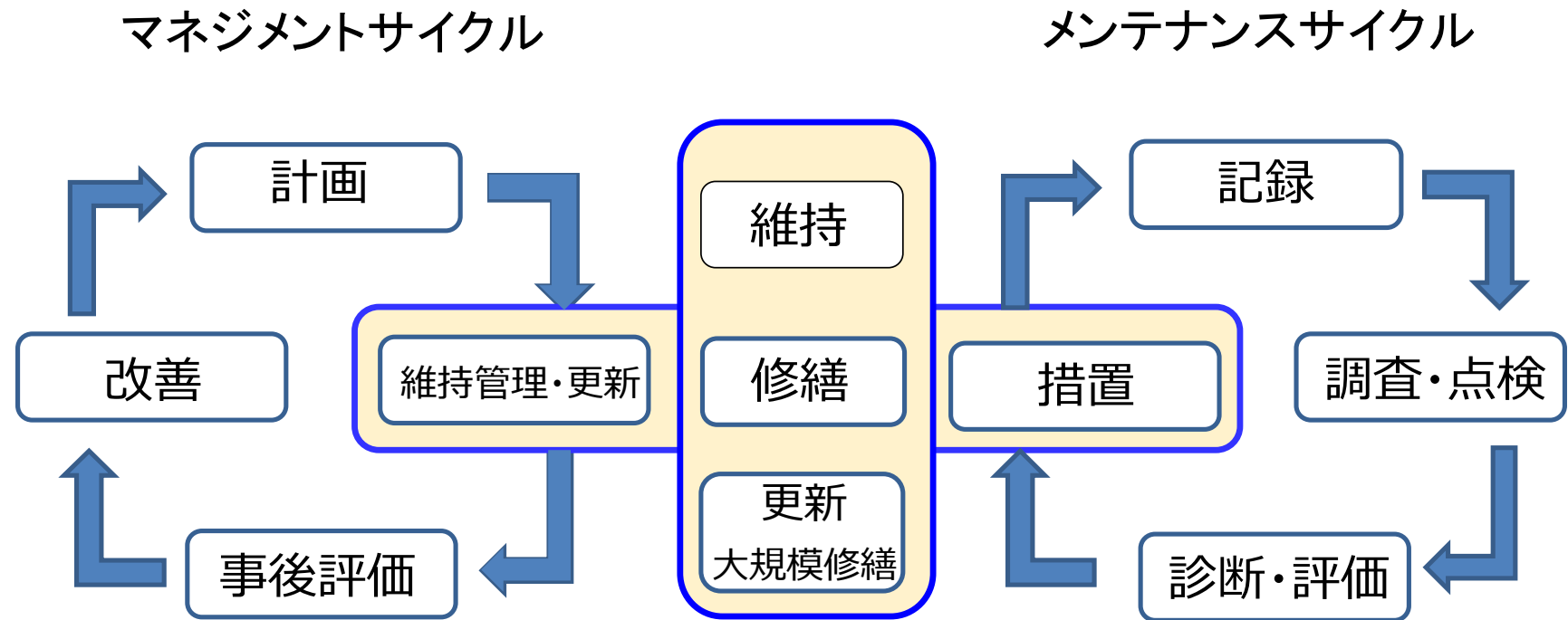


	構造解析結果(正解)	AI予測結果	正解率
栈橋A			90.7%
栈橋B			86.2%

高い精度で損傷予測が可能

AIモデルの活用結果

メンテナンスからマネジメントへ



今後の展望

○ 維持管理 + α

- 維持管理 + 新設
- 維持管理(公) + 民 (+市民)
- 維持管理(負担) + 付加価値
- 維持管理(義務) + 権利

○ インフラマネジメントによる社会課題解決