

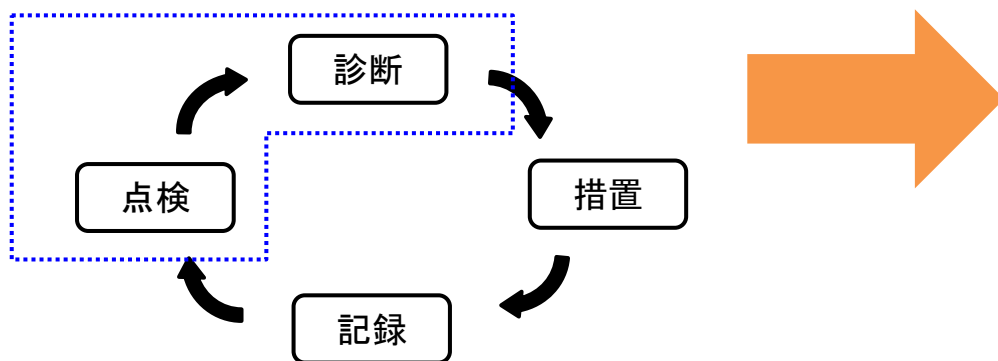
# AI・ICTを活用した道路橋診断技術の開発

橋梁構造研究グループ長 金澤文彦

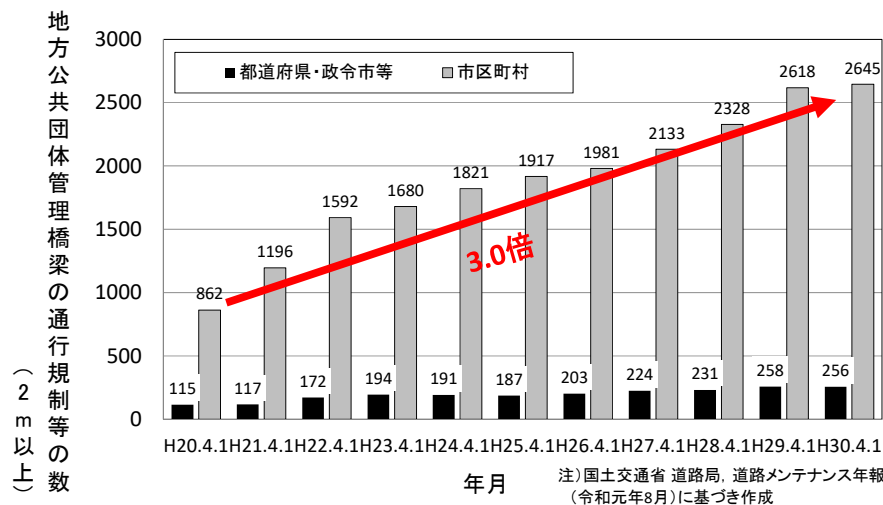
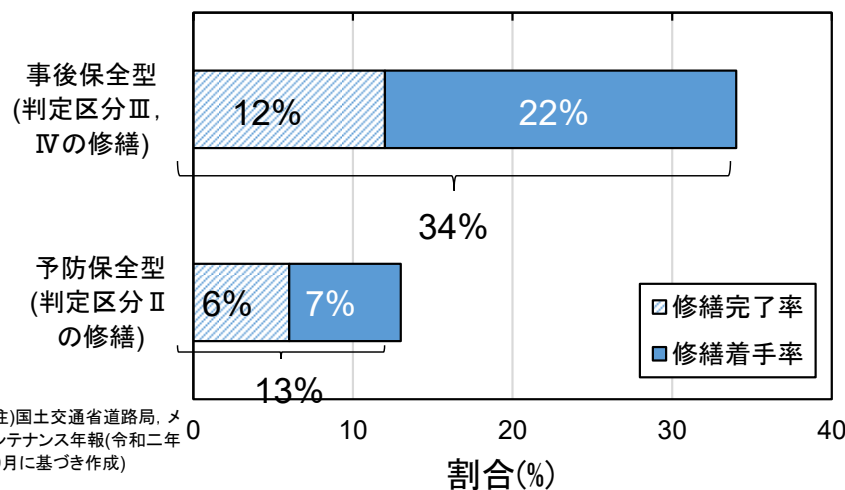
# 1.はじめに ～メンテナンスサイクルの現状～

- 定期点検が1巡し、点検・診断がされているが、措置が確実・適切に行われ、メンテナンスサイクルが円滑に回っているか？

- 地方自治体も含めて定期的な点検・診断が制度化

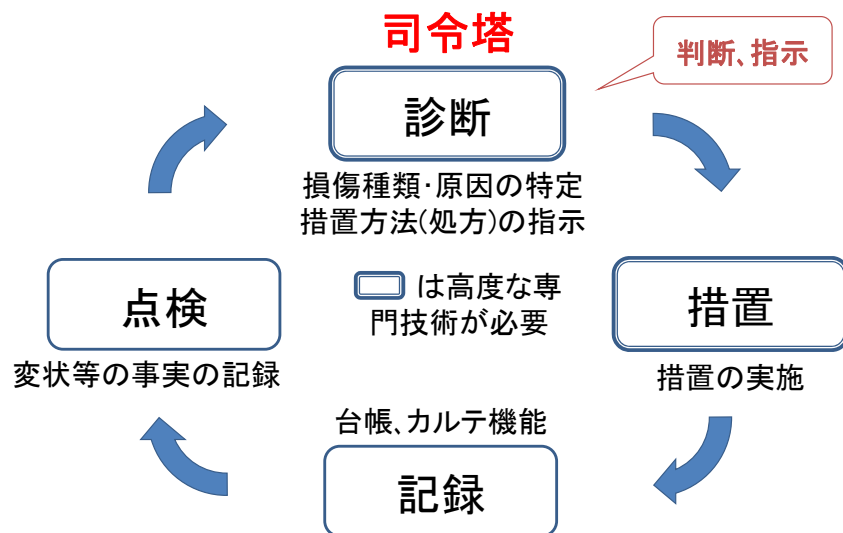


定期点検が義務化されたものの  
必ずしも措置は進んでいない



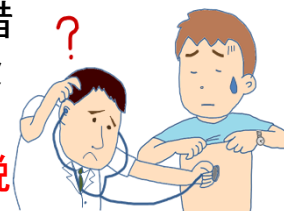
# 1.はじめに ～CAESARにおける技術開発の方向性～

## ■ メンテナンスサイクルを円滑に回していくために何が必要か？



### ①「診断」の信頼性向上

- **信頼できる診断**でなければ措置が進まない(円滑に流れない)
- 診断についての**納得のいく説明**がなされなければ、安心して措置に進められない



### ② 予防保全を前提とした「点検・診断」

- **早い段階**で、予防保全措置しないと、重傷な橋が増加し、維持管理コストも増大
  - ・ 予防保全の段階で損傷の兆候をとらえる点検技術  
(例:床版の土砂化を早期に検知する「電磁波レーダー」)
  - ・ 予防保全の段階を見極める診断、適切な予防保全のための措置を示す診断



診断を司令塔とするメンテナンスサイクルを実現する技術開発

# 1.はじめに～AIを活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究～

## 土研の呼びかけに官民25者が集結

官民連携で研究を推進するため、建設コンサルタント、IT企業、診断機関、研究機関、地方自治体等25者から成る共同研究体制を平成30年度に立ち上げました。



# 1.はじめに～AIを活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究～

土木研究所

道路管理者 【構成事業者】・茨城県 ・富山市

## 点検AI(床版の土砂化等)開発グループ

【構成事業者】

- ・日本無線
- ・ニチレキ
- ・復建技術コンサルタント
- ・アジア航測・富士電機
- ・大日本コンサルタント

※下線付きは重複応募者

## 診断AI開発グループ

【構成事業者】

- ・まざらん
- ・ニュージェック
- ・日本海コンサルタント
- ・福山コンサルタント
- ・大日本コンサルタン

- ・富士通
- ・アジア航測
- ・パシフィックコンサルタンツ
- ・エイト日本技術開発
- ・首都高速道路技術センター
- ・日立製作所
- ・日本工営
- ・八千代エンジニアリング
- ・橋梁調査会
- ・三菱電機

データ基盤グループ

## 点検AI(画像解析)開発グループ

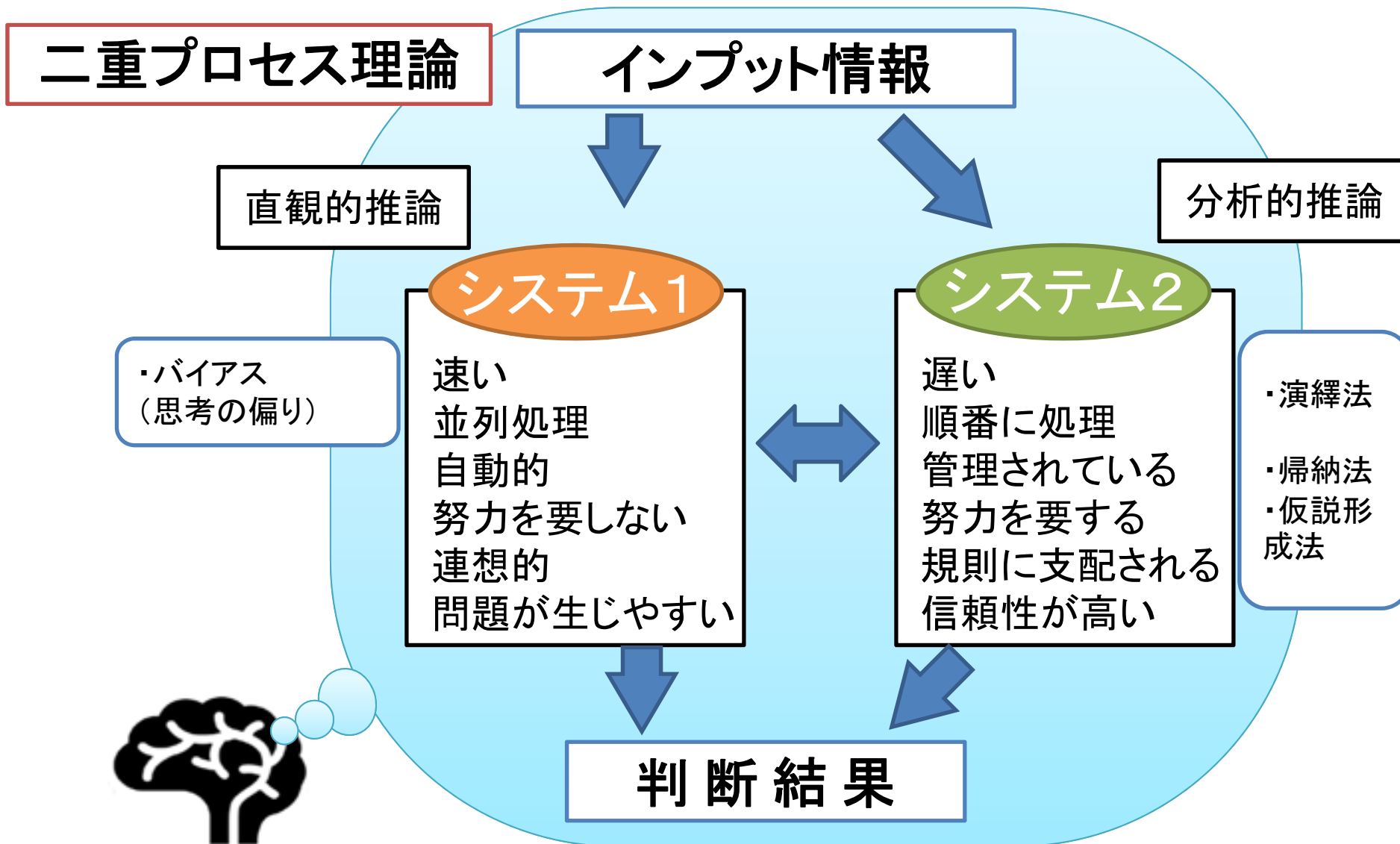
【構成事業者】

- ・グローバルウォーカーズ
- ・理化学研究所(東北大)・岡谷研究室
- ・アジア航測・富士電機
- ・福山コンサルタント
- ・デンソー・岩崎
- ・ニュージェック
- ・日本海コンサルタント
- ・大日本コンサルタント
- ・首都高技術

- ・富士通
- ・イクシス
- ・パシフィックコンサルタンツ
- ・エイト日本技術開発
- ・首都高速道路技術センター
- ・日立製作所
- ・日本工営
- ・八千代エンジニアリング
- ・橋梁調査会
- ・三菱電機

## 2. AI・ICTを活用した道路橋の診断

### 2.1 診断の思考方法 ～人の思考方法～



出典:ダニエル・カーネマン「ファスト&スロー あなたの意思はどのように決まるか」

## 2. 1 診断の思考方法 ～バイアス～

### バイアスによる不具合事例

- **舗装の不陸**が何度も生じたため、そのたびに舗装補修で対応していたが、その後段差が生じたため橋桁も含めて調査したところ、**ゲルバー一部で亀裂**が生じていることがわかり、**桁補強**で対応することになった事例
- **コンクリート床版を表面被覆工法で補修**していたが、**鉄筋の腐食**原因を調査せず被覆したため、経年により腐食が進行して鉄筋間で水平ひび割れが連続し、**巨大なかぶりコンクリートが落下**した事例

アンカリング

**初期の印象に過度に影響**を受けてしまい、後の印象に柔軟に対応できずに早い段階で思考停止に至る傾向

早期閉鎖

**十分に検証される前に意思決定プロセスの早期に思考停止**する傾向

WYSIATI

**自分が見たものが全て**で、意思決定には十分と浅はかに考えてしまう傾向

What You See Is All There Is



## 2. 1 診断の思考方法 ～誤診の防止～

### 医療における誤診対応

米国では2000年に、医療の誤診により多くの患者被害が生じている事実が報告され、患者安全活動が取り組まれてきた。

誤診の原因は、臨床医の診断推論時におけるバイアスと病歴聴取から治療までの診断プロセスにおける様々なエラーである。

- 専門知識と技術の向上
- バイアスの軽減
  - ✓ 客観的・科学的データを意図的、系統的に収集すること
  - ✓ 明確な診断や最も考えやすい診断以外の可能性を考えるなど代替案を提示すること
  - ✓ 思考方法の二重プロセス理論を意識して診断方法を訓練し意思決定にバイアスが潜んでいることを認識するとともに不適切な意思決定にならないように学ぶことなどを推奨

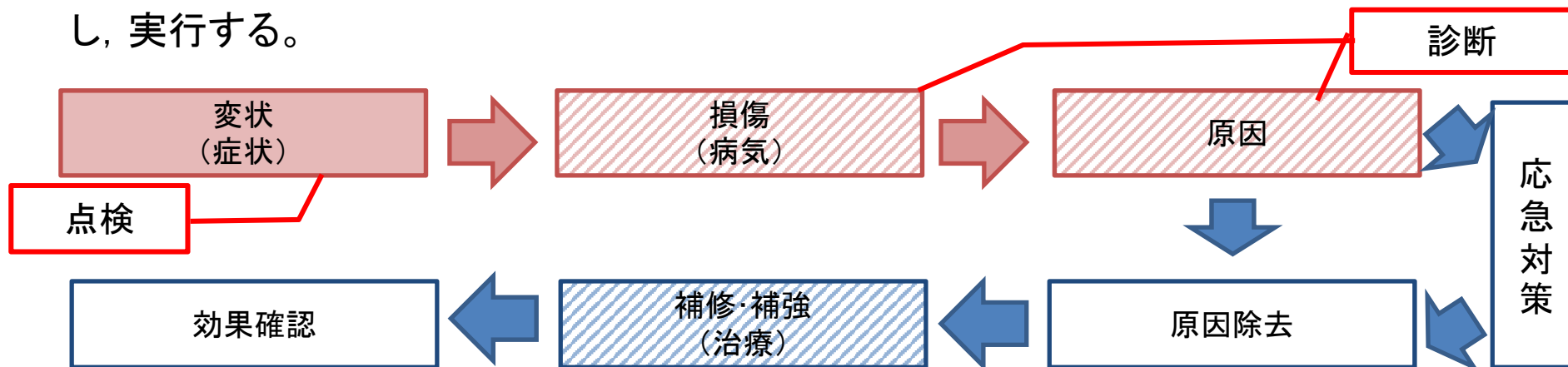


## 2.2 道路橋の診断方法 ～損傷メカニズムなど情報の整理～

- 道路橋の診断における信頼性向上に必要なことは何か？

### 【点検・診断・措置の流れ】

変状等の事実から、**損傷の種類と原因**を特定し、次回点検までの措置（補修など）を示し、実行する。



**損傷のメカニズム**(どんな原因で発症し、どんなプロセスを経て進行するか)の**解明**が、**適切な点検・診断・措置**において重要

課題

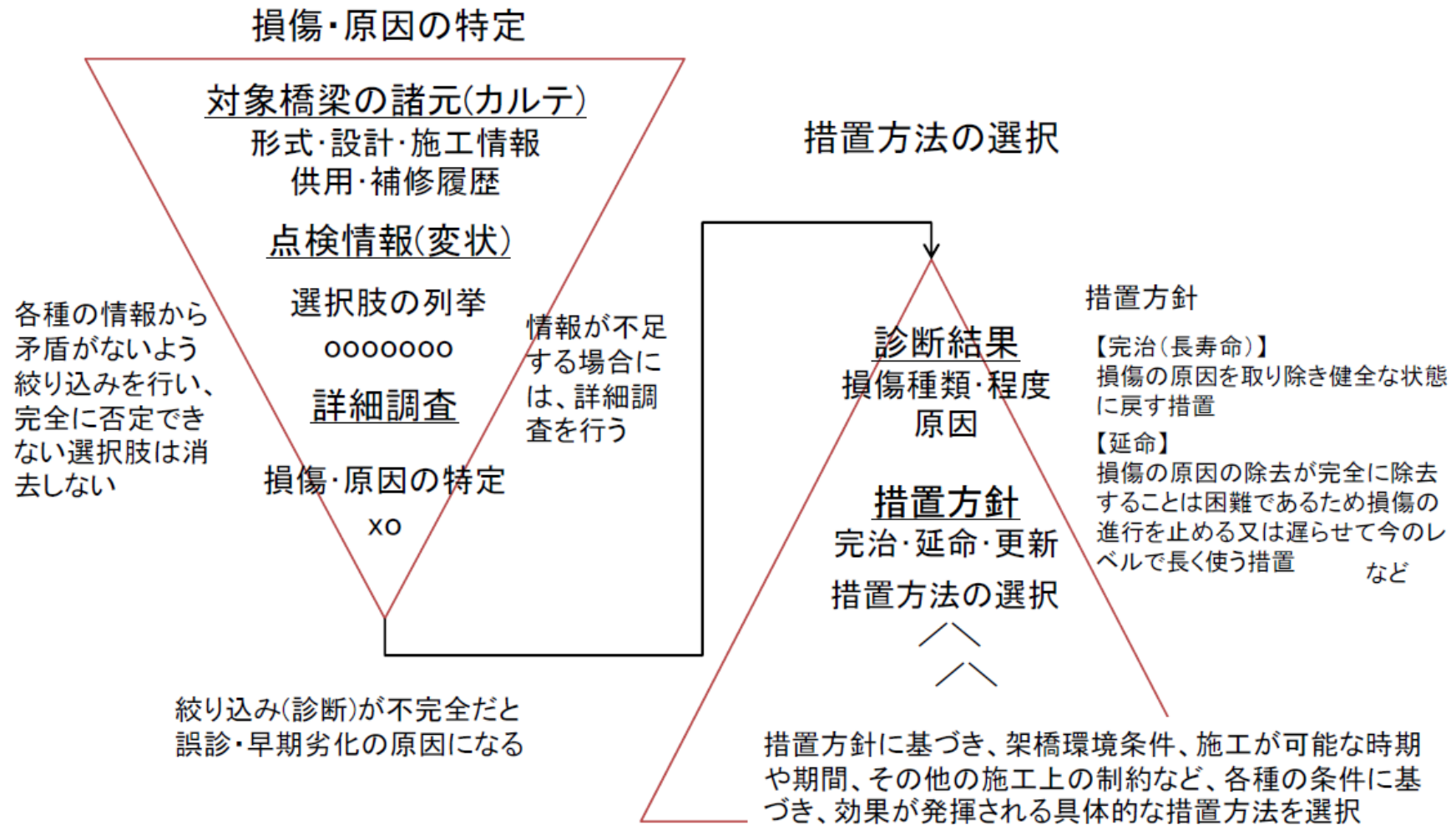
- ・病気の原因、発症の過程、診断確定を目的とする学問(**病理学**)が不在。
- ・症例報告がほとんどなく、**診断を行う技術者の知識、経験**に基づいて実施されており、**形式的に把握**されていなかった。

今後

- ・**損傷のメカニズム等診断に必要な情報**の体系的な整理
- ・診断技術者の**思考方法の改善**(優秀な診断技術者の思考方法を学習)
- ・診断を**支援する情報システム**の活用等

## 2.2 道路橋の診断方法 ～診断技術者の思考改善～

- 熟練診断技術者はどのように診断しているのか？  
→論理的なロジック(道路管理者が**納得する論理的な診断内容**)



## 2.2 道路橋の診断方法 ～診断を支援する情報システムの活用～

### ■ どうすれば診断技術の向上が可能か？

- 責任技術者のOJTが効果的
- 地方自治体や地方の民間会社では、熟練技術者がいない状況も多く、そのような場合どうするのか？

診断AIシステムの開発

熟練技術者の代わりとなる診断AIを開発

### ■ 適用するAI

➢ ディープラーニング



Black Box  
画像判読が得意

点検AIに活用

➢ エキスパートシステム



診断の理由が出力  
(=説明)可能

診断AIに活用

### ■ 診断AIの概要

- 診断AIは点検データ、台帳データ、カルテデータに基づき、**技術者が判断するものを支援(措置まで提示)**

※AIが案を提示(不明なものは不明と提示)し、最終的には人が判断

- 診断AIのシステムは**エキスパートシステム(条件分岐)**

エキスパートシステムを作成するために、損傷のメカニズムと点検・診断・措置の一連のセット情報を「**診断セット**」と称して、この体系的な整理を実施

## 2.3 診断セット ～診断セットの概要～

□ 診断セットは、診断AIの教師データ。

部材ごと損傷ごとに作成し、内容によっては、原因や構造等に応じて作成。  
熟練診断技術者等が参加する診断セット検討会で作成。

メカニズム：損傷の原因から崩壊に至る現象(メカニズム)を図解する

点検：点検で着目する変状とメカニズムとの関係、検知方法及び詳細調査方法

診断：損傷の進行程度と措置方針の判断の決め手となる情報

措置方針

- ・長寿命化：損傷の原因を除去し、元の状態に戻す
- ・延命：損傷の原因の完全な除去は難しく、損傷の進行をコントロールする
- ・危機管理：損傷の進行の確実な制御が困難で、落橋等の致命的な状況にならないようにする
- ・緊急措置：重大な損傷が生じる可能性があり、直ちに緊急的な措置を行う

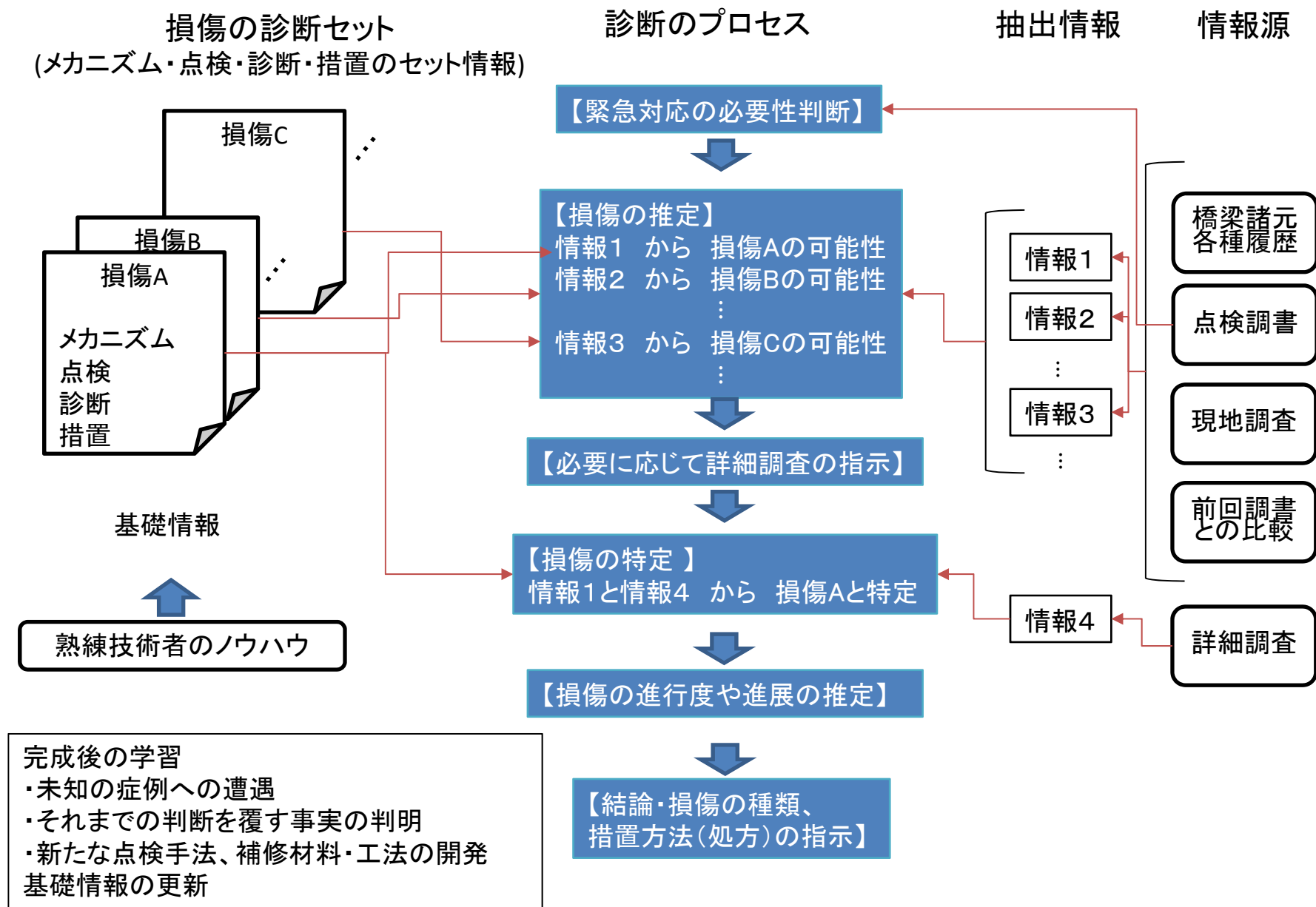
措置：メカニズムに応じた措置方針、適用条件、工法例

架橋環境条件、交通規制などから施工が可能な時期や期間、それらの条件から定まる施工上の制約条件など、様々な条件をもとに効果が発揮される具体措置方法を選択する。



診断セット検討会

## 2.3 診断セット ～診断セットと情報源、プロセスの関係～



## 2.3 診断セット ～診断セットの概要～

部材	損傷大項目	損傷小項目
RC床版	疲労	—
	土砂化	輪荷重による土砂化
		凍害による土砂化
		凍結防止剤による土砂化
		ASRによる土砂化
	飛来塩分による塩害	—
	海砂による塩害	—
床版橋 (上部工)	外来塩による塩害	—
	内在塩による塩害	—
	ASR	—
	凍害	—
	土砂化	輪荷重による土砂化
		凍害による土砂化
		凍結防止剤による土砂化
ASRによる土砂化		
橋台	凍結防止剤による塩害	—
	飛来塩分による塩害	—
	内在塩による塩害	—
	ASR	—
	凍害	—

部材	損傷大項目	損傷小項目
橋台・橋脚	凍結防止剤による塩害	—
	飛来塩分による塩害	—
	内在塩による塩害	—
	ASR	—
	凍害	—
基礎	洗堀	局所洗堀
		河床低下
	基礎の損傷	地滑り
		側方流動
		液状化
		地震による杭本体の損傷
支承	腐食	可動部以外の腐食
		ゴム支承内部鋼板の腐食
		BPA支承可動部の腐食
	交通振動	パッド型ゴム支承の逸脱
伸縮・排水装置	各部材への水の浸入	—
	腐食	露出鋼部材の腐食 固定金具の腐食

...など。今後も順次対象部材、対象損傷を追加

## 2.3 診断セット ～RC床板の診断セットの例～

### ■ RC床版の診断セットの例

損傷の分類	概要(分類の考え方)
1. 疲労	床版下面から変状が進行する損傷
2. 土砂化 2.1 輪荷重 2.2 凍害 2.3 凍結防止剤による塩害 2.4 アルカリ骨材反応	主として床版上面から変状が進行する損傷 (措置において共通する考え方は, 上からの水の供給を遮断すること)
3. 飛来塩による塩害	海から飛来する塩分に起因
4. 海砂による塩害	建設時のコンクリートに内在する塩分に起因



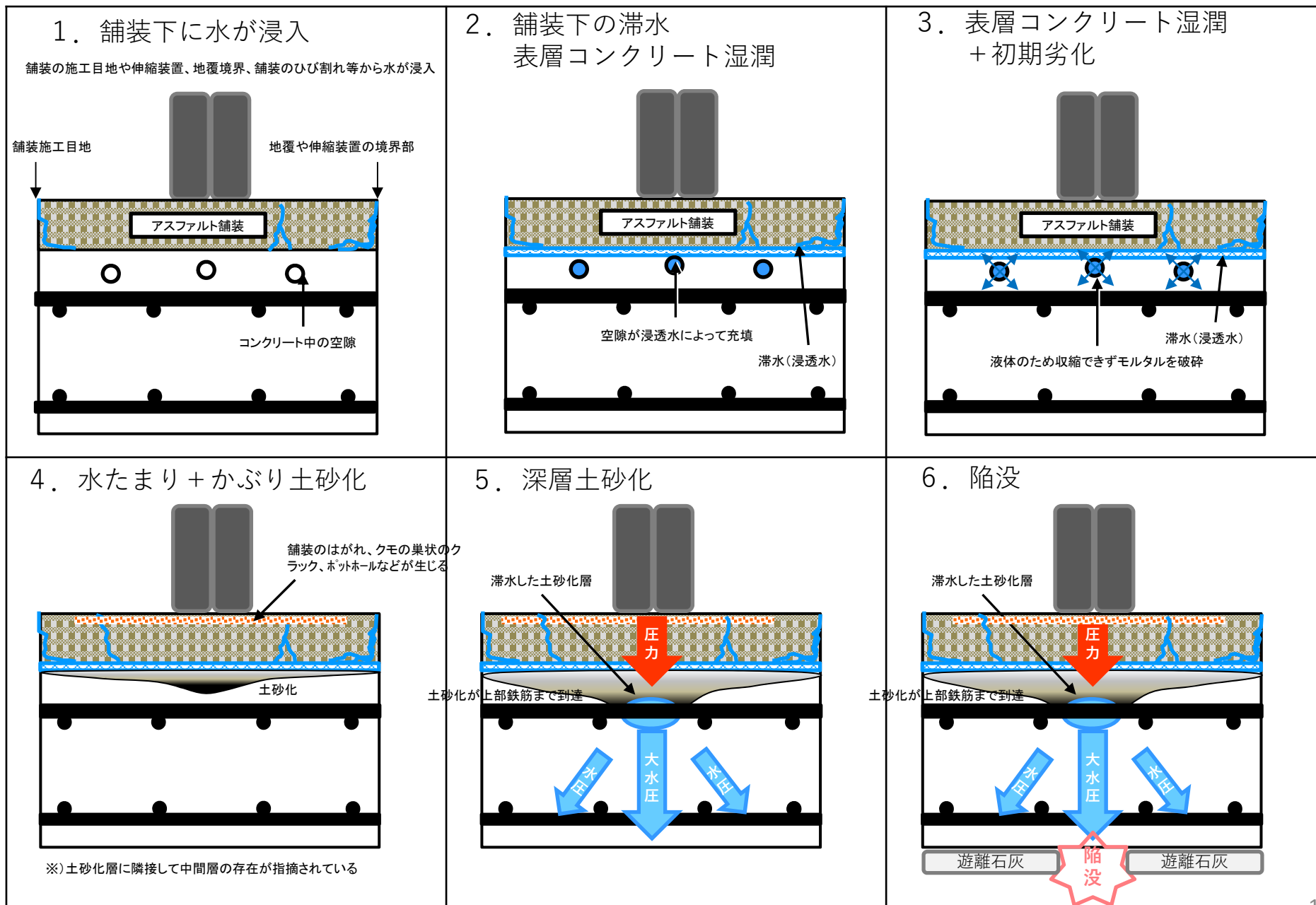
5年前の点検写真



土砂化(砂利化)による損傷

土砂化の損傷例

## 2.3 診断セット ～土砂化(輪荷重)～





## 2.3 診断セット ～土砂化(輪荷重)～

No	変状の状況	診断の決め手となる情報	追加情報	措置の方針	工法例
1	舗装下に水が浸入	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 車道部の舗装下の滞水</li> <li>• 表層コンクリートの湿潤状態</li> <li>• 床版下面の漏水跡</li> </ul>	<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; color: red;">                     現状、外観情報から判断が難しいこと、および措置の方針に差がないことから、システム上は統合                 </div>	長寿命化（遮水＋排水）	床版防水工
2	舗装下の滞水・表層コンクリート湿潤				
3	表層コンクリート湿潤＋初期劣化				
4	水たまり ＋ かぶり土砂化	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 舗装下の滞水</li> <li>• 舗装の異常（はがれ、蜘蛛の巣状のクラック、ポットホール）</li> <li>• 舗装の異常が発生している箇所で土砂が噴出</li> </ul>	今後の電磁波レーダの共研成果を反映	延命（遮水＋舗装更新または床版更新）	床版防水工＋断面修復工＋切削＋オーバーレイ or 床版部分打替え or 床版全面取替え
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 舗装の補修箇所に再劣化</li> <li>• 舗装の異常が発生している直下の床版下面に遊離石灰</li> </ul>	延命＋走行性の確保（床版の更新＋遮水）	床版部分打替え or 床版全面取替え
5	深層土砂化	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 床版上側鉄筋程度までの深い土砂化</li> <li>• 舗装の異常が発生している直下の床版下面に遊離石灰</li> </ul>	—	危機管理（規制＋敷鋼板＋床版更新＋遮水）	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 氷柱状の遊離石灰が析出している</li> </ul>		
6	陥没	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 抜け落ちの発生</li> </ul>	—		

## 2.4 診断のシステム化 ～診断AIの検討のステップ～

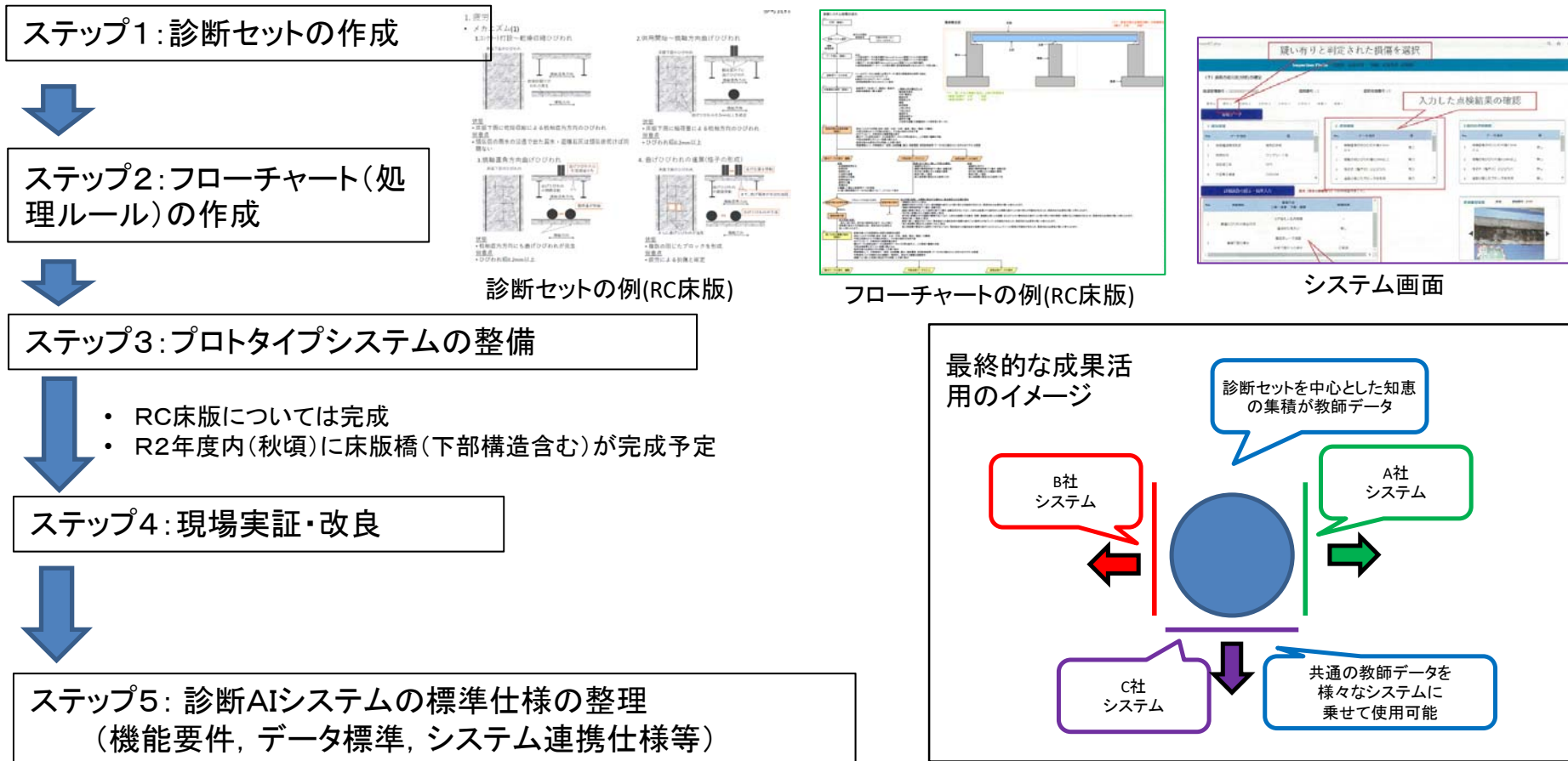
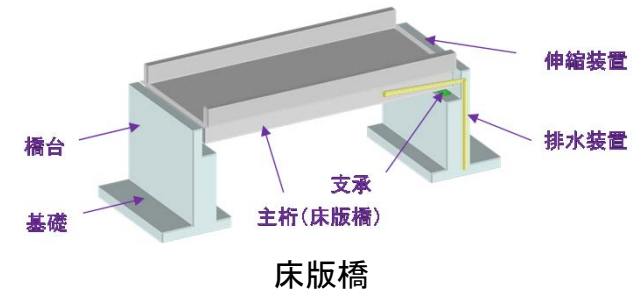
- 地方自治体の抱える課題への対応の観点から優先順位を決めて、検討を推進。

### ①RC床版

- 近年土砂化による損傷事例が生じており、外観から検知することが難しい一方、突如、床版の抜け落ちに至るなどのリスクが存在。

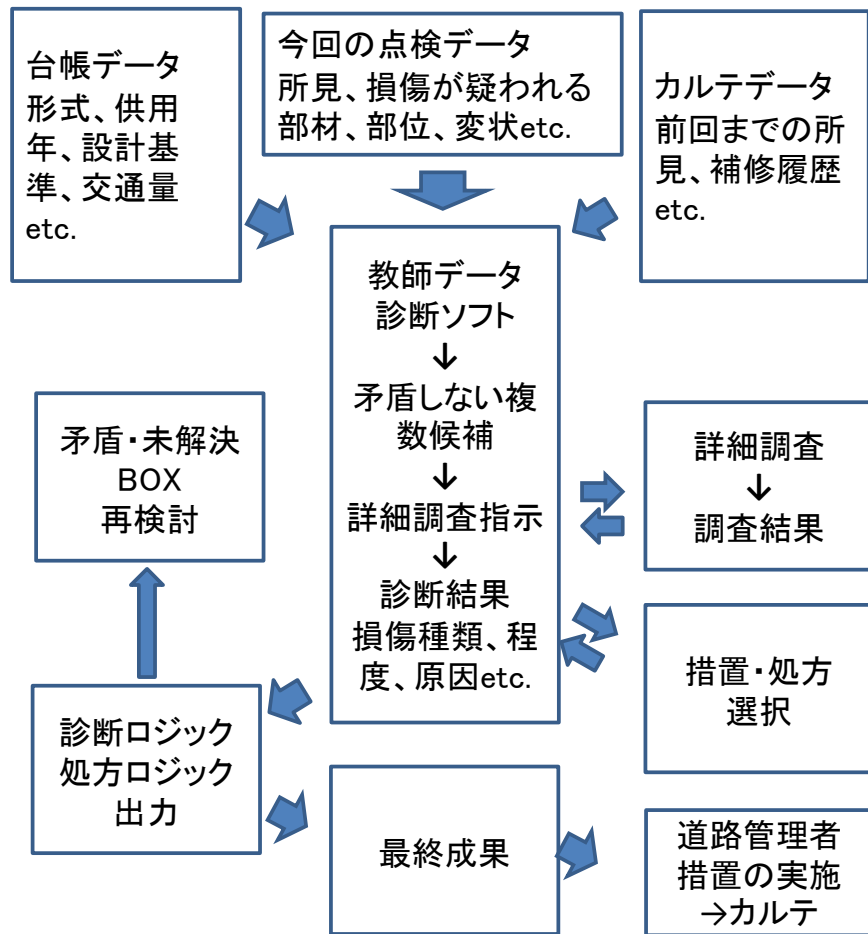
### ②床版橋

- 地方自治体で最も多い形式(全体の5割以上を占める)

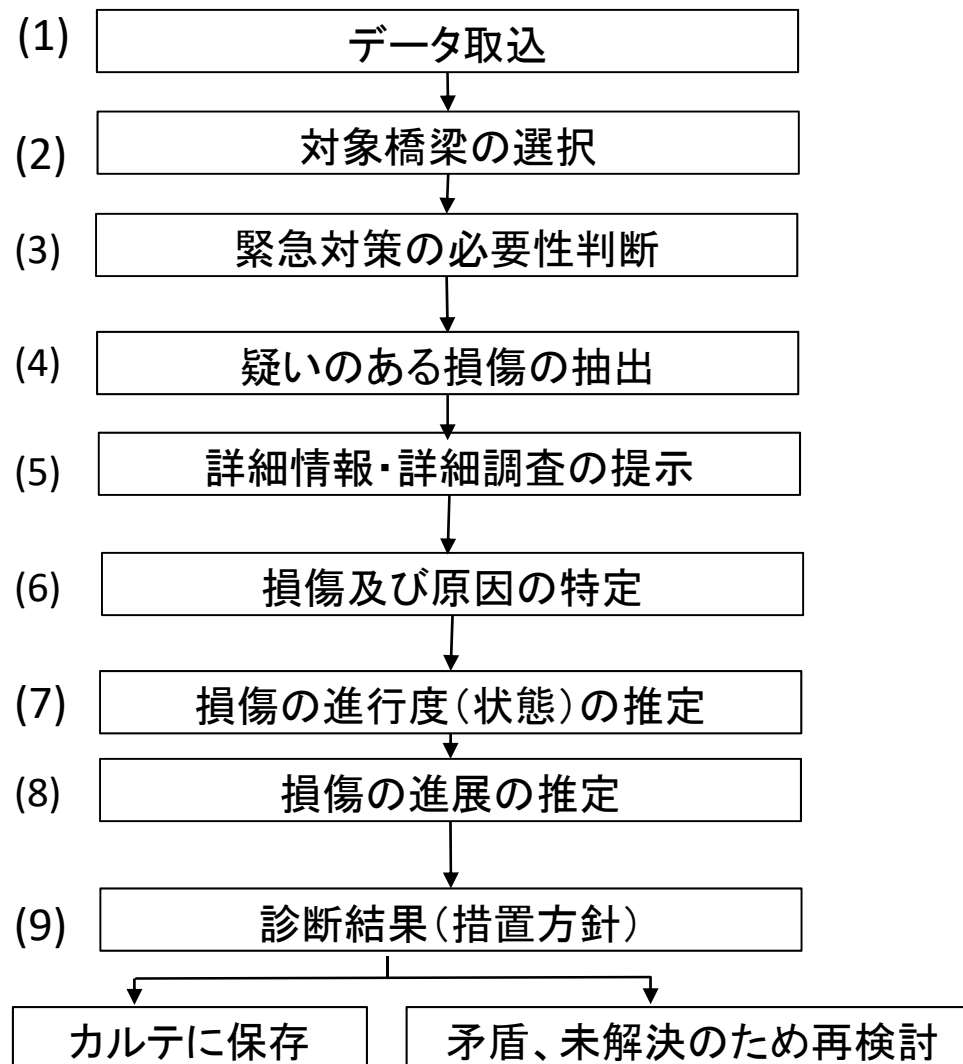


## 2.4 診断のシステム化 ～診断AIのシステムイメージ～

### システムイメージ



### システム処理の流れ



## 2.5 診断AIプロトタイプ of 構築 ~プロトタイプ of 画面イメージ~



## 2.5 診断AIプロトタイプ of 構築 ~プロトタイプ of 画面イメージ~

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (1) 診断データの取り込み

**(1) 診断データの取り込み**  
(2) 対象橋梁の選択  
(3) 緊急対策の必要性判断  
(4) 疑いのある損傷の抽出  
(5) 詳細情報・詳細調査の提示  
(6) 損傷及び原因の特定  
(7) 損傷の進行度(状態)の推定  
(8) 損傷の進展の推定  
(9) 診断結果(措置方針)  
[凡例]  
茶色: 現在位置, 太字: 診断済

今回診断	橋梁管理番号	径間番号	径間分割番号	最終診断日時	最終診断タスク	最終診断結果
<input type="radio"/>	11111111	1	2	20200910	(9)診断結果	カルテに保存
<input checked="" type="radio"/>	22222222	2	0	20200910	(9)診断結果	カルテに保存

診断再開 新規開始

## 2.5 診断AIプロトタイプ構築 ~プロトタイプの画面イメージ~

The screenshot shows a web browser window titled "対象橋梁の選択" (Select Target Bridge). The address bar shows "https://XXX". Below the browser, a navigation bar contains buttons for "位置図" (Location Map), "全景写真" (Panoramic Photo), "一般図" (General View), "状況写真" (Status Photo), and "損傷図" (Damage Diagram). The main content area is titled "(2)対象橋梁の選択" (Select Target Bridge). On the left, a vertical list of steps is shown, with step (2) highlighted in orange. The main part of the screen is a table with 6 columns: "診断対象" (Diagnosis Target), "橋梁基本番号" (Bridge Basic Number), "名称" (Name), "路線名称" (Route Name), "架設竣工年" (Construction Year), and "橋長(m)" (Bridge Length). The first four rows of the table contain data, with the first row's "診断対象" cell containing a selected radio button (a circle with a dot). The remaining rows have empty cells. A scrollbar is visible on the right side of the table, with an annotation: "※スクロールバー 項目数が多い場合はスクロールして内容を入力" (Note: scrollbar. When the number of items is large, scroll to enter content). At the bottom left of the table, there is a legend: "[凡例] 茶色: 現在位置, 太字: 診断済" ([Legend] Tea color: current position, Bold: diagnosed).

(1) 診断データの取り込み  
**(2) 対象橋梁の選択**  
(3) 緊急対策の必要性判断  
(4) 疑いのある損傷の抽出  
(5) 詳細情報・詳細調査の提示  
(6) 損傷及び原因の特定  
(7) 損傷の進行度(状態)の推定  
(8) 損傷の進展の推定  
(9) 診断結果(措置方針)  
[凡例]  
茶色: 現在位置, 太字: 診断済

診断対象	橋梁基本番号	名称	路線名称	架設竣工年	橋長(m)
<input checked="" type="radio"/>	〇〇	〇〇橋	一般国道〇号	1971	14.40
<input type="radio"/>	〇〇	〇〇橋	一般国道〇号	1955	40.5
<input type="radio"/>	〇〇	〇〇橋	一般国道〇号	1980	60.5
<input type="radio"/>	〇〇	〇〇橋	一般国道〇号	1972	100

※スクロールバー  
項目数が多い場合はスクロールして内容を入力

[凡例]  
茶色: 現在位置, 太字: 診断済

## 2.5 診断AIプロトタイプ of 構築 ~プロトタイプ of 画面イメージ~

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

- (1) 診断データの取り込み
- (2) 対象橋梁の選択
- (3) 緊急対策の必要性判断
- (4) 疑いのある損傷の抽出
- (5) 詳細情報・詳細調査の拵
- (6) 損傷及び原因の特定
- (7) 損傷の進行度(状態)の
- (8) 損傷の進展の推定
- (9) 診断結果(措置方針)

[凡例]  
茶色: 現在位置, 太字: 診断

## 2.5 診断AIプロトタイプ of 構築 ~プロトタイプ of 画面イメージ~

緊急対策の必要性判断
https://XXX

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (3) 緊急対策の必要性判断

床版
主桁
〇〇

(1) 診断データの取り込み

(2) 対象橋梁の選択

**(3) 緊急対策の必要性判断**

(4) 疑いのある損傷の抽出

(5) 詳細情報・詳細調査の提示

(6) 損傷及び原因の特定

(7) 損傷の進行度(状態)の推定

(8) 損傷の進展の推定

(9) 診断結果(措置方針)

[凡例]

茶色: 現在位置, 太字: 診断済

**基礎データ**

橋梁点検結果から以下を読み込みました。間違いがあれば修正を確認して下さい。

**1. 諸元関連**

No.	データ項目	値
1	床版種類	場所打床版
2	架設竣工年	1971年
3	大型車交通量	380台/日
4	防水層の有無	無し

**2. 点検結果**

No.	データ項目	値
1	連続的な角欠け	無し▼
2	舗装の異常箇所直下に漏水・遊離石灰	無し▼
3	走行性に影響を与える舗装異常	無し▼

**3. 前回の点検結果**

No.	データ項目	値
1	連続的な角欠け	無し▼
2	舗装の異常箇所直下に漏水・遊離石灰	無し▼
3	走行性に影響を与える舗装異常	無し▼

**データ確定**

基礎データに間違いが無ければ確定ボタンを押す

**緊急対策の必要性判断**

直ちに抜け落ち、走行性や耐荷性の低下、および第三者被害の発生する可能性は低く、緊急対応の必要性は低いと考えられます。

**点検部材写真** 床版 部材番号: 0801





## 2.5 診断AIプロトタイプ of 構築 ~プロトタイプ of 画面イメージ~

緊急対策の必要性判断
https://XXX

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (4) 疑いのある損傷の抽出

床版	主桁	○○
----	----	----

(1) 診断データの取り込み

(2) 対象橋梁の選択

(3) 緊急対策の必要性判断

**(4) 疑いのある損傷の抽出**

(5) 詳細情報・詳細調査の提示

(6) 損傷及び原因の特定

(7) 損傷の進行度(状態)の推定

(8) 損傷の進展の推定

(9) 診断結果(措置方針)

[凡例]

茶色: 現在位置, 太字: 診断済

**基礎データ**

橋梁点検結果から以下を読み込みました。間違いがあれば修正を確認して下さい。

**1. 諸元関連**

No.	データ項目	値
1	床版種類	場所打床版
2	架設竣工年	1971年
3	大型車交通量	380台/日
4	防水層の有無	無し

**2. 点検結果**

No.	データ項目	値
1	格子状ひび割れ	無し▼
2	橋軸直角方向ひび割れ	有り▼
3	複数の閉じたブロックの形成	無し▼

**3. 前回の点検結果**

No.	データ項目	値
1	格子状ひび割れ	無し▼
2	橋軸直角方向ひび割れ	有り▼
3	複数の閉じたブロックの形成	無し▼

**データ確定**

基礎データに間違いが無ければ確定ボタンを押す

**疑いのある損傷の抽出**

No.	損傷の疑い	有無	理由
1	疲労	有り	橋軸方向に幅0.2mmのひび割れが発生している。
2	土砂化(輪荷重)	有り	床版防水が設置されていない。降雨後に床版下面・排水柵周辺から漏水が発生舗装の異常が発生している。
3	土砂化(凍害)	有り	冬期平均気温が低く、凍害の恐れがある。床版以外でも凍害に特徴的な損傷がある。

点検部材写真 床版 部材番号:0801

## 2.5 診断AIプロトタイプ of 構築 ~プロトタイプ of 画面イメージ~

緊急対策の必要性判断
https://XXX

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (5) 詳細情報・詳細調査の提示(疲労)

疲労1 疲労2 土砂化1 土砂化2 土砂化3

(1) 診断データの取り込み

(2) 対象橋梁の選択

(3) 緊急対策の必要性判断

(4) 疑いのある損傷の抽出

**(5) 詳細情報・詳細調査の提示**

(6) 損傷及び原因の特定

(7) 損傷の進行度(状態)の推定

(8) 損傷の進展の推定

(9) 診断結果(措置方針)

[凡例]

茶色: 現在位置, 太字: 診断済

**詳細調査の提示・結果入力**

疲労(雨水有り)の損傷・状態特定のためには、以下の詳細調査が必要です

No.	調査項目	調査方法		調査結果
		上段: 直接	下段: 間接	
1	格子状(亀甲状)ひび割れの発生状況	近接目視		<input type="checkbox"/> 広範囲 <input type="checkbox"/> 局部的 <input checked="" type="checkbox"/> 無し
		-		
2	貫通ひび割れの発生状況	コア削孔+孔内観察		<input type="checkbox"/> 有り <input type="checkbox"/> 無し
		連続的な角欠け		<input type="checkbox"/> 有り <input checked="" type="checkbox"/> 無し

**データ確定**

疑いのある損傷原因毎に詳細情報を入力し確定する

点検部材写真 床版 部材番号: 0801



貫通ひび割れ(サンプル写真)



## 2.5 診断AIプロトタイプ of 構築 ~プロトタイプ of 画面イメージ~

緊急対策の必要性判断
https://XXX

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (6) 損傷及び原因の特定(疲労)

疲労1

疲労2

土砂化1

土砂化2

土砂化3

(1) 診断データの取り込み

(2) 対象橋梁の選択

(3) 緊急対策の必要性判断

(4) 疑いのある損傷の抽出

(5) 詳細情報・詳細調査の提示

(6) 損傷及び原因の特定

(7) 損傷の進行度(状態)の推定

(8) 損傷の進展の推定

(9) 診断結果(措置方針)

[凡例]

茶色: 現在位置, 太字: 診断済

基礎データ

1. 諸元関連

No.	データ項目	値
1	床版種類	場所打床版
2	架設竣工年	1971年
3	大型車交通量	380台/日
4	防水層の有無	無し

2. 点検結果

No.	データ項目	値
1	格子状ひび割れ	無し▼
2	橋軸直角方向ひび割れ	有り▼
3	複数の閉じたブロックの形成	無し▼


3. 前回の点検結果

No.	データ項目	値
1	格子状ひび割れ	無し▼
2	橋軸直角方向ひび割れ	有り▼
3	複数の閉じたブロックの形成	無し▼

詳細調査の提示・結果入力

No.	調査項目	調査方法 上段: 直接 下段: 間接	調査結果
1	格子状(亀甲状)ひび割れの発生状況	近接目視	<input type="checkbox"/> 広範囲 <input type="checkbox"/> 局部的 <input checked="" type="checkbox"/> 無し
		—	—
2	貫通ひび割れの発生状況	コア削孔+孔内観察	<input type="checkbox"/> 有り <input type="checkbox"/> 無し
		連続的な角欠け	<input type="checkbox"/> 有り <input checked="" type="checkbox"/> 無し

点検部材写真 床版 部材番号: 0801



診断(特定)

これまでの入力データを再確認し、間違い無ければ確定し、損傷および原因を特定

格子状(亀甲状)のひび割れが発生していないことから、「疲労」以外の損傷であると考えられます。

## 2.5 診断AIプロトタイプ of 構築 ~プロトタイプ of 画面イメージ~

緊急対策の必要性判断
https://XXX

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (6) 損傷及び原因の特定(土砂化(輪荷重))

疲労1 疲労2 土砂化1 土砂化2 土砂化3

(1) 診断データの取り込み

(2) 対象橋梁の選択

(3) 緊急対策の必要性判断

(4) 疑いのある損傷の抽出

(5) 詳細情報・詳細調査の提示

(6) 損傷及び原因の特定

(7) 損傷の進行度(状態)の推定

(8) 損傷の進展の推定

(9) 診断結果(措置方針)

[凡例]

茶色: 現在位置, 太字: 診断済

#### 基礎データ

**1. 諸元関連**

No.	データ項目	値
1	床版種類	場所打床版
2	架設竣工年	1971年
3	大型車交通量	380台/日
4	防水層の有無	無し

**2. 点検結果**

No.	データ項目	値
1	格子状ひび割れ	無し▼
2	橋軸直角方向ひび割れ	有り▼
3	複数の閉じたブロックの形成	無し▼

**3. 前回の点検結果**

No.	データ項目	値
1	格子状ひび割れ	無し▼
2	橋軸直角方向ひび割れ	有り▼
3	複数の閉じたブロックの形成	無し▼

#### 詳細調査の提示・結果入力

No.	調査項目	調査方法 上段: 直接 下段: 間接	調査結果
1	車線部の舗装 下面の滞水	電磁波レーダー	—
		床版下面から漏水	<input type="checkbox"/> 広範囲 <input checked="" type="checkbox"/> 局部的 <input type="checkbox"/> 無し
2	土砂化深さ	舗装除去+床版上面の観察	<input checked="" type="checkbox"/> 上側鉄筋より上 <input type="checkbox"/> 上側鉄筋より下
		舗装の異常箇所と床版下面漏水箇所の位置関係	<input checked="" type="checkbox"/> 同位置 <input type="checkbox"/> 関係無し

点検部材写真 床版 部材番号: 0801



診断(特定)

これまでの入力データを再確認し、間違い無ければ確定し、損傷および原因を特定

車線部の床版上面が常に滞水し、土砂が発生していることから、「土砂化(輪荷重)」であると考えられます。

28

## 2.5 診断AIプロトタイプ of 構築 ~プロトタイプ of 画面イメージ~

緊急対策の必要性判断
https://XXX

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (6) 損傷及び原因の特定(土砂化(凍害))

疲労1
疲労2
土砂化1
土砂化2
土砂化3

(1) 診断データの取り込み

(2) 対象橋梁の選択

(3) 緊急対策の必要性判断

(4) 疑いのある損傷の抽出

(5) 詳細情報・詳細調査の提示

**(6) 損傷及び原因の特定**

(7) 損傷の進行度(状態)の推定

(8) 損傷の進展の推定

(9) 診断結果(措置方針)

[凡例]

茶色: 現在位置, 太字: 診断済

#### 基礎データ

**1. 諸元関連**

No.	データ項目	値
1	床版種類	場所打床版
2	架設竣工年	1971年
3	大型車交通量	380台/日
4	防水層の有無	無し

#### 2. 点検結果

No.	データ項目	値
1	格子状ひび割れ	無し▼
2	橋軸直角方向ひび割れ	有り▼
3	複数の閉じたブロックの形成	無し▼

#### 3. 前回の点検結果

No.	データ項目	値
1	格子状ひび割れ	無し▼
2	橋軸直角方向ひび割れ	有り▼
3	複数の閉じたブロックの形成	無し▼

#### 詳細調査の提示・結果入力

No.	調査項目	調査方法 上段: 直接 下段: 間接	調査結果
1	舗装下面の滞水	電磁波レーダー	—
		床版下面から漏水	<input type="checkbox"/> 広範囲 <input checked="" type="checkbox"/> 局部的 <input type="checkbox"/> 無し
2	土砂化深さ	舗装除去+床版上面の観察	<input checked="" type="checkbox"/> 上側鉄筋より上 <input type="checkbox"/> 上側鉄筋より下
		舗装の異常箇所と床版下面漏水箇所の位置関係	<input checked="" type="checkbox"/> 同位置 <input type="checkbox"/> 関係無し

#### 点検部材写真 床版 部材番号: 0801



#### 診断(特定)

これまでの入力データを再確認し、間違い無ければ確定し、損傷および原因を特定

冬期平均気温が低く、土砂化が発生していることから「土砂化(凍害)」であると考えられます。

## 2.5 診断AIプロトタイプ of 構築 ~プロトタイプ of 画面イメージ~

緊急対策の必要性判断
https://XXX

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (7) 損傷の進行度(状態)の推定(土砂化(輪荷重))

疲労1

疲労2

土砂化1

土砂化2

土砂化3

(1) 診断データの取り込み

(2) 対象橋梁の選択

(3) 緊急対策の必要性判断

(4) 疑いのある損傷の抽出

(5) 詳細情報・詳細調査の提示

(6) 損傷及び原因の特定

(7) 損傷の進行度(状態)の推定

(8) 損傷の進展の推定

(9) 診断結果(措置方針)

[凡例]

茶色: 現在位置, 太字: 診断済

基礎データ

1. 諸元関連

No.	データ項目	値
1	床版種類	場所打床版
2	架設竣工年	1971年
3	大型車交通量	380台/日
4	防水層の有無	無し

2. 点検結果

No.	データ項目	値
1	格子状ひび割れ	無し▼
2	橋軸直角方向ひび割れ	有り▼
3	複数の閉じたブロックの形成	無し▼

3. 前回の点検結果

No.	データ項目	値
1	格子状ひび割れ	無し▼
2	橋軸直角方向ひび割れ	有り▼
3	複数の閉じたブロックの形成	無し▼

詳細調査の提示・結果入力

No.	調査項目	調査方法 上段: 直接 下段: 間接	調査結果
1	車線部の舗装 下面の滞水	電磁波レーダー	-
		床版下面から漏水	<input type="checkbox"/> 広範囲 <input checked="" type="checkbox"/> 曲部的 <input type="checkbox"/> 無し
2	土砂化深さ	舗装除去+床版上面の観察	<input checked="" type="checkbox"/> 上側鉄筋より上 <input type="checkbox"/> 上側鉄筋より下
		舗装の異常箇所と床版下面漏水箇所の位置関係	<input checked="" type="checkbox"/> 同位置 <input type="checkbox"/> 関係無し

点検部材写真 床版 部材番号: 0801



診断(特定)

↓

損傷の特定と措置の方針

次ページへ続く

## 2.5 診断AIプロトタイプ of 構築 ~プロトタイプ of 画面イメージ~

緊急対策の必要性判断
https://XXX

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (7) 損傷の進行度(状態)の推定(土砂化(輪荷重))

疲労1	疲労2	土砂化1	土砂化2	土砂化3
-----	-----	------	------	------

(1) 診断データの取り込み

(2) 対象橋梁の選択

(3) 緊急対策の必要性判断

(4) 疑いのある損傷の抽出

(5) 詳細情報・詳細調査の提示

(6) 損傷及び原因の特定

(7) 損傷の進行度(状態)の推定

(8) 損傷の進展の推定

(9) 診断結果(措置方針)

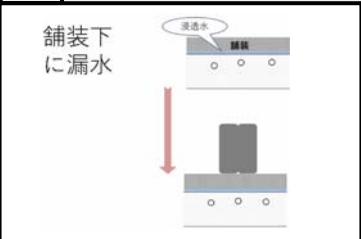
[凡例]

茶色: 現在位置, 太字: 診断済

**損傷の特定と措置の方針**

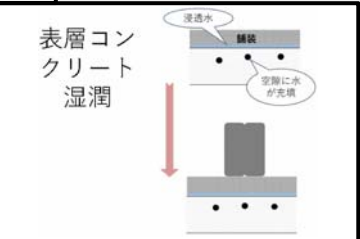
①

舗装下に漏水



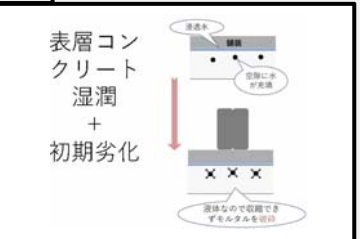
②

表層コンクリート湿潤



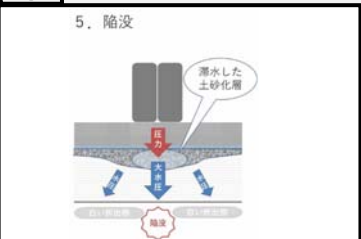
③

表層コンクリート湿潤 + 初期劣化



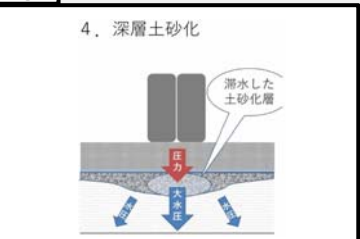
⑥

5. 陥没



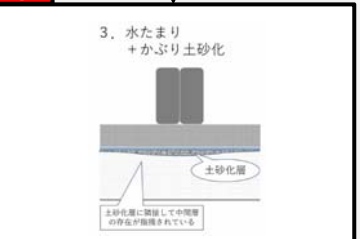
⑤

4. 深層土砂化



④

3. 水たまり + かぶり土砂化



舗装下面が滞水しており、かぶりコンクリートが土砂化しているため、「土砂化(輪荷重): 状態④」と考えられます。

## 2.5 診断AIプロトタイプ of 構築 ~プロトタイプ of 画面イメージ~

緊急対策の必要性判断
https://XXX

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (7) 損傷の進行度(状態)の推定(土砂化(凍害))

疲労1	疲労2	土砂化1	土砂化2	土砂化3
-----	-----	------	------	------

(1) 診断データの取り込み

(2) 対象橋梁の選択

(3) 緊急対策の必要性判断

(4) 疑いのある損傷の抽出

(5) 詳細情報・詳細調査の提示

(6) 損傷及び原因の特定

(7) 損傷の進行度(状態)の推定

(8) 損傷の進展の推定

(9) 診断結果(措置方針)

[凡例]

茶色: 現在位置, 太字: 診断済

**損傷の特定と措置の方針**

凍害が疑われる環境であり、表層コンクリートは常に湿潤状態で、かぶりコンクリートが土砂化しているため、「土砂化(凍害): 状態④」と考えられます。



## 2.5 診断AIプロトタイプ of 構築 ~プロトタイプ of 画面イメージ~

緊急対策の必要性判断
https://XXX

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

(1) 診断データの取り込み

(2) 対象橋梁の選択

(3) 緊急対策の必要性判断

(4) 疑いのある損傷の抽出

(5) 詳細情報・詳細調査の提示

(6) 損傷及び原因の特定

(7) 損傷の進行度(状態)の推定

**(8) 損傷の進展の推定**

(9) 診断結果(措置方針)

[凡例]

茶色: 現在位置, 太字: 診断済

### (8) 損傷の進展の推定

疲労1	疲労2	土砂化1	土砂化2	土砂化3
-----	-----	------	------	------

**定期点検における損傷程度の評価区分**

橋梁点検結果から読み取り。  
間違いがあれば修正を確認

No.	データ項目	前回点検	今回結果
1	点検結果: 床版ひび割れ	b	d
2	点検結果: 剥離・鉄筋露出	—	—
3	点検結果: 漏水・遊離石灰	d	d


**定期点検における損傷の進展性の有無**

定期点検における損傷程度の評価区分に変化がない場合で、同一部材の損傷写真に進展性がある場合はチェック

**進展の確認チェック**

進展無し    進展有り

**前回点検写真**



**今回点検写真**



**データ確定**

## 2.5 診断AIプロトタイプ of 構築 ~プロトタイプ of 画面イメージ~

緊急対策の必要性判断

https://XXX

位置図 全景写真 一般図 状況写真 損傷図

### (9)診断結果(措置方針)

床版	主桁	支承	基礎	橋脚	橋台
----	----	----	----	----	----

(1) 診断データの取り込み

(2) 対象橋梁の選択

(3) 緊急対策の必要性判断

(4) 疑いのある損傷の抽出

(5) 詳細情報・詳細調査の提示

(6) 損傷及び原因の特定

(7) 損傷の進行度(状態)の推定

(8) 損傷の進展の推定

**(9) 診断結果(措置方針)**

[凡例]

茶色: 現在位置, 太字: 診断済

**損傷及び原因**

- ・車線部の床版上面が常に滞水し、土砂化が発生していることから、「土砂化(輪荷重による破砕)」であると考えられます。
- ・冬期平均最低気温が低く、土砂化が発生していることから、「土砂化(凍害)」であると考えられます。

**損傷の進行度(状態)の推定**

【土砂化(輪荷重による破砕)】舗装下面が滞水しており、かぶりコンクリートが土砂化しているため、「状態④」であると考えられます。

【土砂化(凍害)】凍害が疑われる環境であり、表層コンクリートは常に湿潤状態で、かぶりコンクリートが土砂化しているため、「状態④」と考えられます。

**損傷の進展の推定**

前回の点検時と今回の点検時を比較すると、損傷の進行が確認されませんでした。

**措置方針(案)**

【土砂化(輪荷重による破砕)】【土砂化(凍害)】

状態④の可能性があることから延命措置が必要と考えられます。

<必要な対策(案)>

- ・床版防水+断面修復+切削+オーバーレイ
- ・床版部分打ち替え or 床版全面取替え

診断結果に問題な行ければ、「カルテに保存」、特定されなかった場合、疑問があった場合は「矛盾、未解決の為再検討」を選択

カルテに保存

矛盾、未解決の為再検討

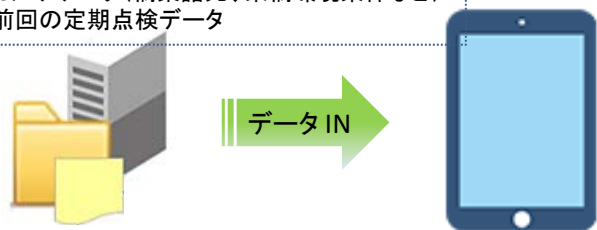
## 2.5 診断AIプロトタイプ構築 ～今後目指す利用イメージ～

### ①現場に行く前の情報整理

事務所(点検現場へ行く前)

- 現場に行く前にカルテ等の情報をタブレットに入れる

- ・ カルテデータ(橋梁諸元、架橋環境条件など)
- ・ 前回の定期点検データ



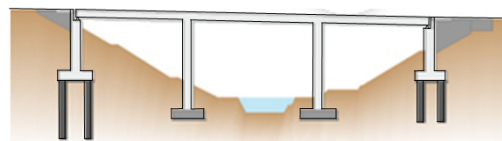
データが保存されている  
ファイルサーバーやPC

現場へ持っていく  
タブレット

### ②現場における変状データの適切な取得

現場(定期点検)

- 事務所で入れた情報に基づき、診断で必要となる入力項目がシステム上に表示されるため、タブレットに従い、現地で橋の状態を見ながら情報を入力



～以下タブレットの画面イメージ～

床版下面

- 複数の格子状(亀甲状)のひび割れがある
- 角落ちがある
- 

次へ

複数の格子状(亀甲状)のひび割れの説明

0.2mm以上のひび割れが橋軸方向及び橋軸直角方向に生じ、格子状(亀甲状)に生じており、その格子状(亀甲状)のひび割れが、隣接して複数発生している変状。



(該当する状態の例)

床版下面

- 複数の格子状(亀甲状)のひび割れに遊離石灰又は漏水を伴っている

データ入力の後

入力完了

チェック機能

以下のデータが不足しているため入力してください

- 床版コンクリートの剥離・剥落がある

### ③診断(結果の出力)

現場・事務所(いつでも)

システム画面



- 詳細調査の指示
- 損傷及び原因、進行度、措置方針等の提示

### 3. RC床版の土砂化に対する早期検知技術の開発

#### 3.1 RC床版土砂化の現状

土砂化による抜け落ちが主流に

5年前の点検写真  
損傷の兆候なし

一面の遊離石灰にも注目



大問題！下からの点検だけでは**予防保全**は不可能

### 3. 1 RC床版土砂化の現状



管理者資料より

### 3. 1 RC床版土砂化の現状



### 3. 1 RC床版土砂化の現状



管理者資料より

### 3. 1 RC床版土砂化の現状



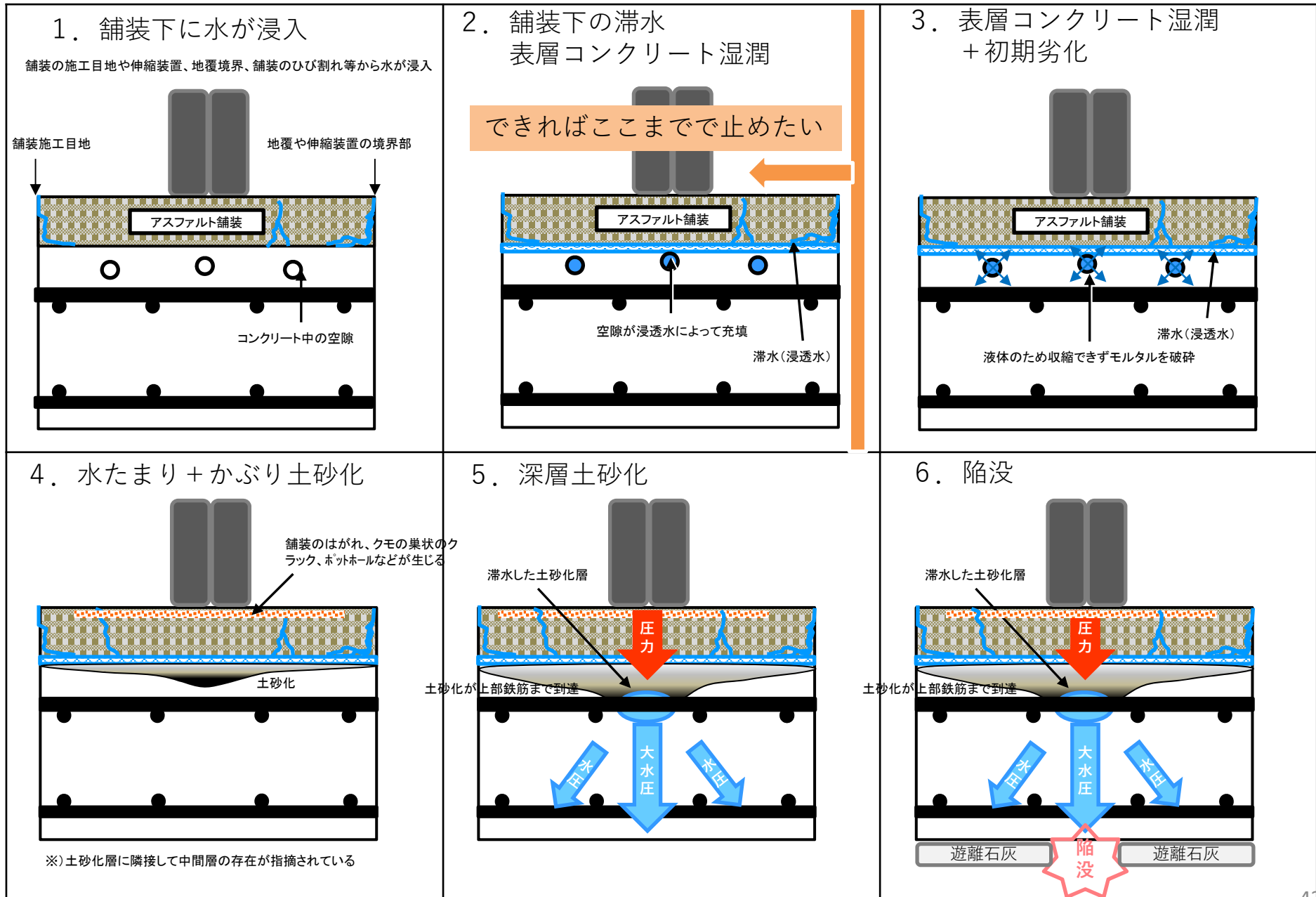
管理者資料より



### 3. 1 RC床版土砂化の現状 ～水の浸入経路の確認～



# 3. 2 RC床版土砂化のメカニズム



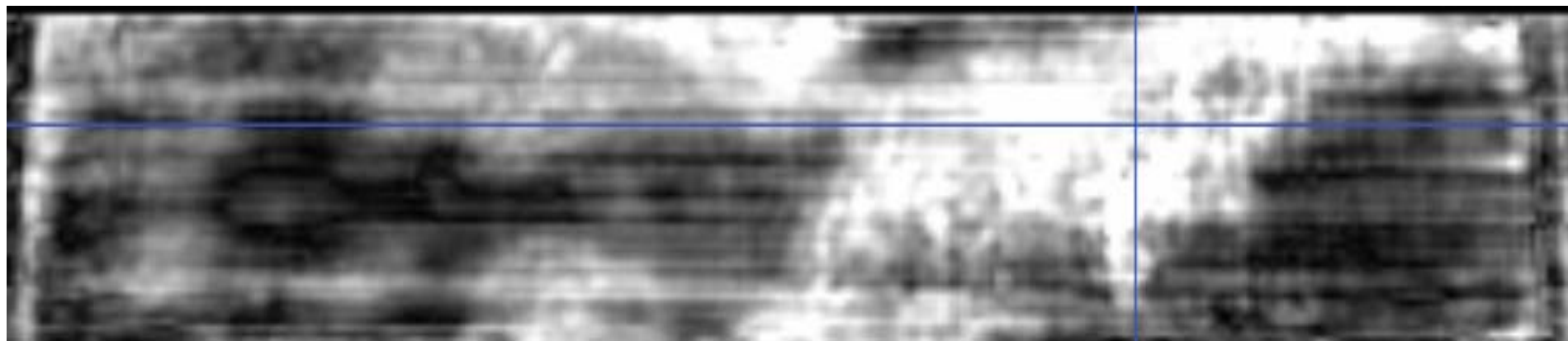
### 3.3 電磁波レーダを用いた滞水箇所の検出



**車載式電磁波レーダ(交通規制することなく40km/h~60km/h走行でデータ取得可能)**

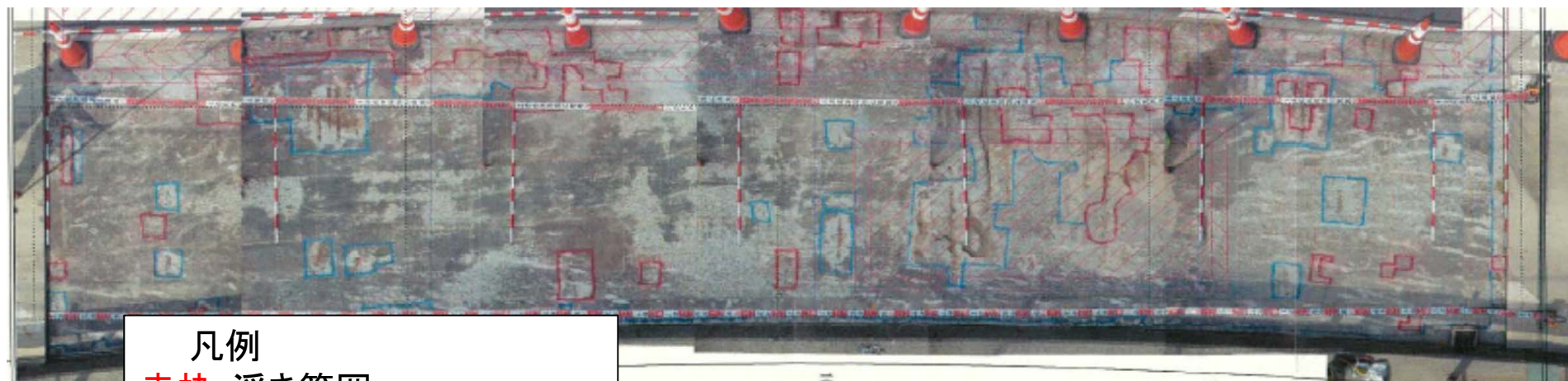
### 3.3 電磁波レーダを用いた滞水箇所を検出

電磁波レーダ計測結果(床版上面平面図)



床版開削後平面写真

中分側



凡例

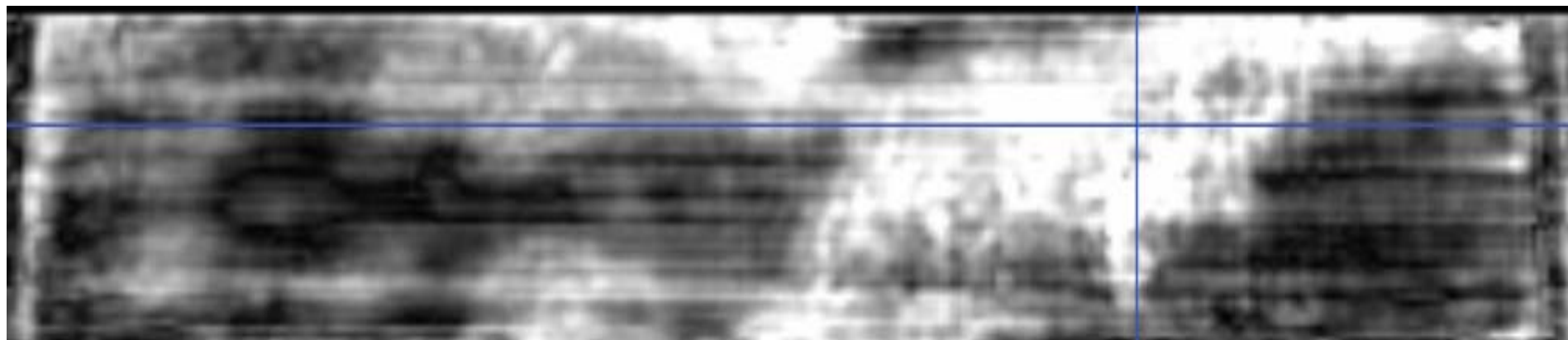
赤枠: 浮き範囲

青枠: 土砂化(断面欠損)範囲

地覆側

### 3.3 電磁波レーダを用いた滞水箇所の検出

電磁波レーダ計測結果(床版上面平面図)



片車線分の水分計計測値(50cmピッチ)

A1	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	A2
0	170	160	833	282	265	213	212	360	140	484	536	521	251	462	520	555	521	298	276	532	578	600	579	887	841	598	723	521	535	708	628	877	688	860	298	820	317	571	530	
50	310	437	521	184	223	657	176	207	194	183	286	599	601	828	851	783	762	267	263	139	520	521	524	384	214	257	588	545	333	181	785	521	822	539	537	282	518	651	817	
100	325	325	192	184	220	235	430	131	156	297	333	242	308	398	875	186	107	198	164	244	269	150	122	264	213	900	475	206	536	218	639	838	868	302	101	238	141	155	157	
150	120	158	99	178	80	157	159	175	151	105	90	129	113	146	111	107	107	128	151	90	152	150	201	870	834	452	520	247	536	149	273	166	162	201	208	181	171	148	212	
200	167	196	124	45	138	135	104	123	125	123	139	108	108	62	84	152	104	158	105	88	136	180	189	176	726	586	532	698	904	183	187	178	170	156	185	166	129	145	198	
250	216	206	144	193	135	147	206	109	148	137	116	146	150	146	117	100	76	63	75	112	132	126	226	531	537	571	564	715	915	763	171	171	132	145	150	143	132	152	599	
300	226	184	133	162	208	222	234	135	198	193	194	177	135	223	250	197	141	158	187	231	74	205	171	438	915	753	301	665	600	202	110	163	231	72	145	132	240	210	169	
350	363	110	238	259	224	209	354	322	241	132	123	179	242	160	224	176	211	187	187	211	172	188	283	261	805	286	258	256	831	235	241	189	304	199	250	163	329	167	522	
400	147	245	256	217	247	219	184	240	174	247	135	180	192	123	189	207	201	209	103	158	165	132	140	175	278	266	202	142	160	143	181	231	165	225	67	138	229	113	149	
450	534	537	688	520	378	93	525	525	644	521	339	347	238	542	248	598	538	535	554	532	236	524	683	629	685	492	233	535	532	321	160	283	522	522	609	298	644	719	489	

### 3.3 電磁波レーダを用いた滞水箇所を検出

片車線分の水分計計測値(50cmピッチ)

A1	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	A2
0	170	160	833	282	265	213	212	360	140	484	536	521	251	462	520	555	521	298	276	532	578	600	579	887	841	598	723	521	535	708	628	877	688	860	298	820	317	571	530	
50	310	437	521	184	223	657	176	207	194	183	286	599	601	828	851	783	762	267	263	139	520	521	524	384	214	257	588	545	333	181	785	521	822	539	537	282	518	651	817	
100	325	325	192	184	220	235	430	131	156	297	333	242	308	398	875	186	107	198	164	244	269	150	122	264	213	900	475	206	536	218	639	838	868	302	101	238	141	155	157	
150	120	158	99	178	80	157	159	175	151	105	90	129	113	146	111	107	107	128	151	90	152	150	201	870	834	452	520	247	536	149	273	166	162	201	208	181	171	148	212	
200	167	196	124	45	138	135	104	123	125	123	139	108	108	62	84	152	104	158	105	88	136	180	189	176	726	586	532	698	904	183	187	178	170	156	185	166	129	145	198	
250	216	206	144	193	135	147	206	109	148	137	116	146	150	146	117	100	76	63	75	112	132	126	226	531	537	571	564	715	915	763	171	171	132	145	150	143	132	152	599	
300	226	184	133	162	208	222	234	135	198	193	194	177	135	223	250	197	141	158	187	231	74	205	171	438	915	753	301	665	600	202	110	163	231	72	145	132	240	210	169	
350	363	110	238	259	224	209	354	322	241	132	123	179	242	160	224	176	211	187	187	211	172	188	283	261	805	286	258	256	831	235	241	189	304	199	250	163	329	167	522	
400	147	245	256	217	247	219	184	240	174	247	135	180	192	123	189	207	201	209	103	158	165	132	140	175	278	266	202	142	160	143	181	231	165	225	67	138	229	113	149	
450	534	537	688	520	378	93	525	525	644	521	339	347	238	542	248	598	538	535	554	532	236	524	683	629	685	492	233	535	532	321	160	283	522	522	609	298	644	719	489	

水分状態の分類結果(AI(機械学習:ランダムフォレスト)による試算)



# 今後の検討課題

## 【診断AI】

- ✓ 特定の部材・損傷を対象にした**プロトタイプ**を構築し現場で実証
- ✓ **診断AIシステムの標準仕様**となる機能要件、データ標準、システム連携仕様等の検討
- ✓ **診断を支援するサブシステム**(類似事例検索、データ入力支援、損傷原因の推定支援)とも**連携**可能となるよう検討
- ✓ **診断セットの対象部材、損傷を拡張**するとともに、優先度の高い**損傷のメカニズム**を解明しメカニズムに適合した**予防保全型の点検・診断・措置技術の開発**を検討
- ✓ **診断セットなど共通基盤データ**の提供方法・更新方法、診断AIで出力した**結果の共有**方法、更新データによる**診断AIの拡張方法**

## 【点検AI(床版の土砂化等)及び関連技術】

- ✓ 電磁波レーダーによる**床版上面の水分検知技術のAI活用プロトタイプ構築と実証**
- ✓ 防水性能に優れた**グースアスファルト舗装の開発**
- ✓ 土砂化したRC床版の除去範囲の特定など**床版補修工法の開発**

## おわりに

- ✓ 本日は、**AI共同研究**における診断AI、点検AI(床版の土砂化等)の開発状況について**中間的に報告**しました。(検討途中で、今後内容の変更もあります)
- ✓ 信頼性の高い診断、措置が実施できるよう開発技術の現場導入に向けて更なる研究の進捗を図っていきたい。



ご静聴ありがとうございました