

インフラメンテナンスで AI技術を活用するためには ～土木技術者に求められるものとは

土木研究所 構造物メンテナンス研究センター
大島義信

「外観」や「事前情報」からわかること

- 表面の形状・状態（ひび割れ，漏水等）
- 周辺環境（塩害地域，構造形式等）



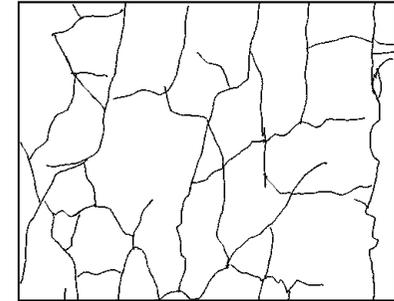
- ◆耐荷力や耐久性の有無が判断できるか？
→そうあるべき姿からの乖離
- ◆見た目による情報には限界がある
→耐荷力の定量的な評価はできない

➡ AIが解決？

AIの歴史

- **第一次** 1956年
黎明期
- **第二次** 1970年代
エキスパートシステム
ニューラルネットワーク
遺伝的アルゴリズム
- **第三次** 2000年代
ディープラーニング

ASR診断のための パターン認識手法の開発（2008）



パターン抽出

- ひび割れ画像のトレース



特徴ベクトル

- 高次局所自己相関関数
- フラクタル次元



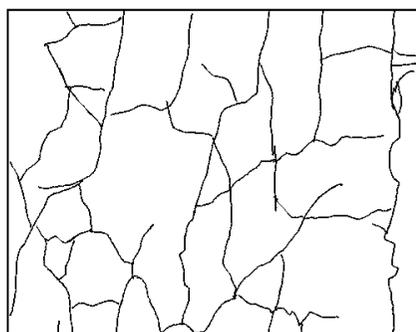
判断

- NN（ニューラルネットワーク）
- AdaBoostにより増強したNN
- SVM（サポートベクターマシン）

➡ ひび割れがASRによるものかどうか？

画像データ

- 32 枚の画像データを準備
 - ASR 17枚
 - 非ASR 15枚
 - 判断の難しい画像・容易な画像
 - 教師データと検証用データ

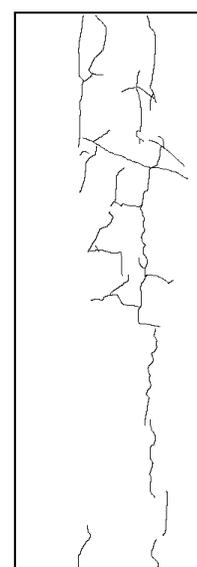
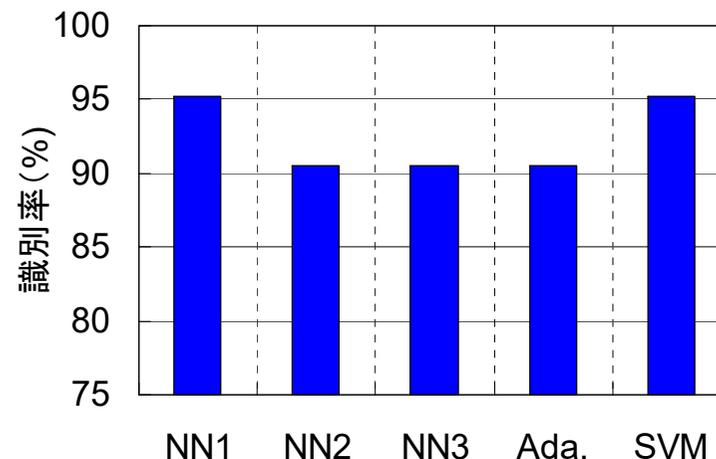


ASR

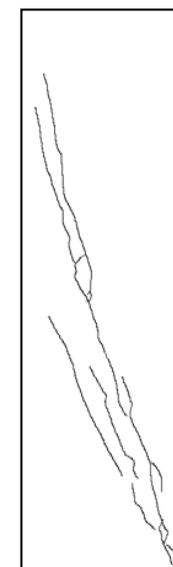


非ASR

容易



ASR



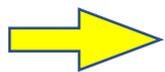
非ASR

困難

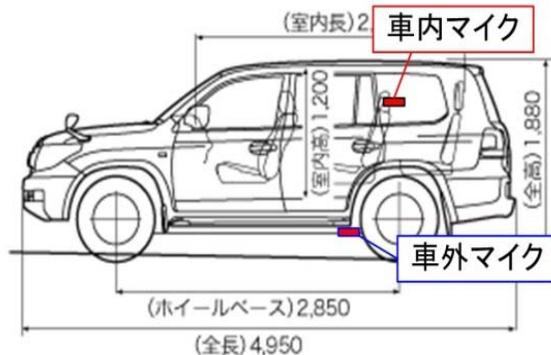
車両通過音を利用したジョイントの損傷検知

◆ 阪神高速道路(2011)

- 高速道路ジョイントの点検
 - 主に路上点検において発見
 - 熟練技術者の「感覚」に依存



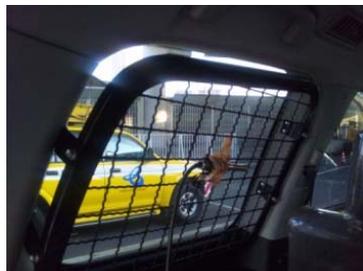
熟練技術者の高齢化・後継者不足による技術の空洞化



取付ボルト緩み



磨耗・鋼板破断



ジョイント通過音を収録

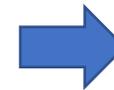
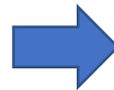
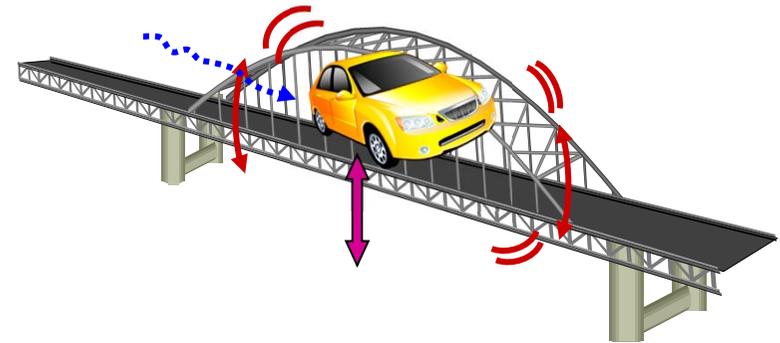


機械学習による識別

NN・カオスアトラクター予測誤差

車両振動を利用した橋梁構造物の簡易的な健全性評価法(2005)

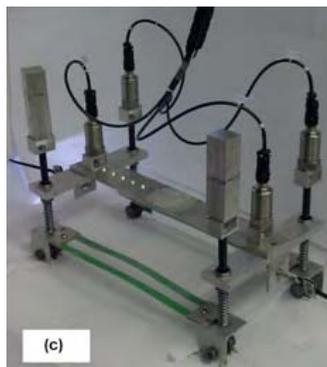
- 車両の「ゆれ」から橋梁の状態を評価
 - 車両応答から橋梁の振動特性を把握
- 目標
 - おおまかなスクリーニング
 - 定期点検の「空白」を補完
 - セーフティネット



道路版Dr.イエロー

一般車の活用

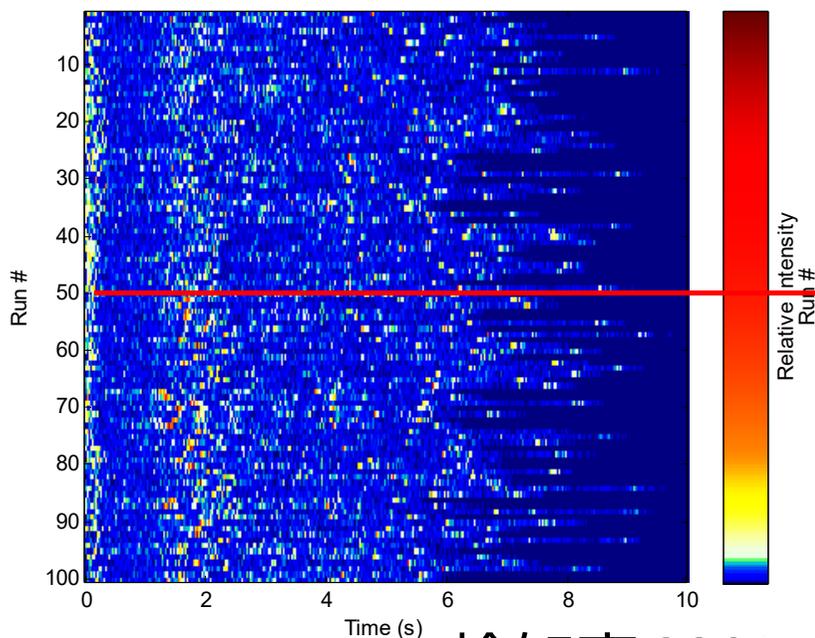
機械学習による検知(2014)



- 速度変化40%
- パターンマッチングによる速度補正
- SVMによる識別

補正前

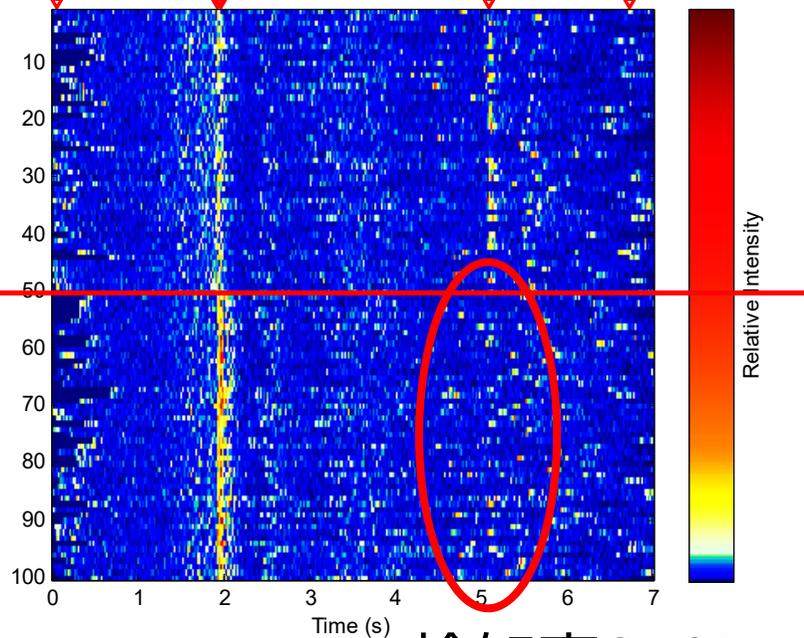
Raw Data



検知率60%

補正後

Length Normalized and Aligned



検知率97%

AIと呼ばれているものは何か？

◆一つの「最適化手法」

目的関数を最小化する方法（データの内挿による近似）
選択肢（ルール）により選定する方法

- 分類
- 予測
- 推薦
- 最適化
- 識別

アルゴリズムが
急速に進化



本質的には何も
変わっていない

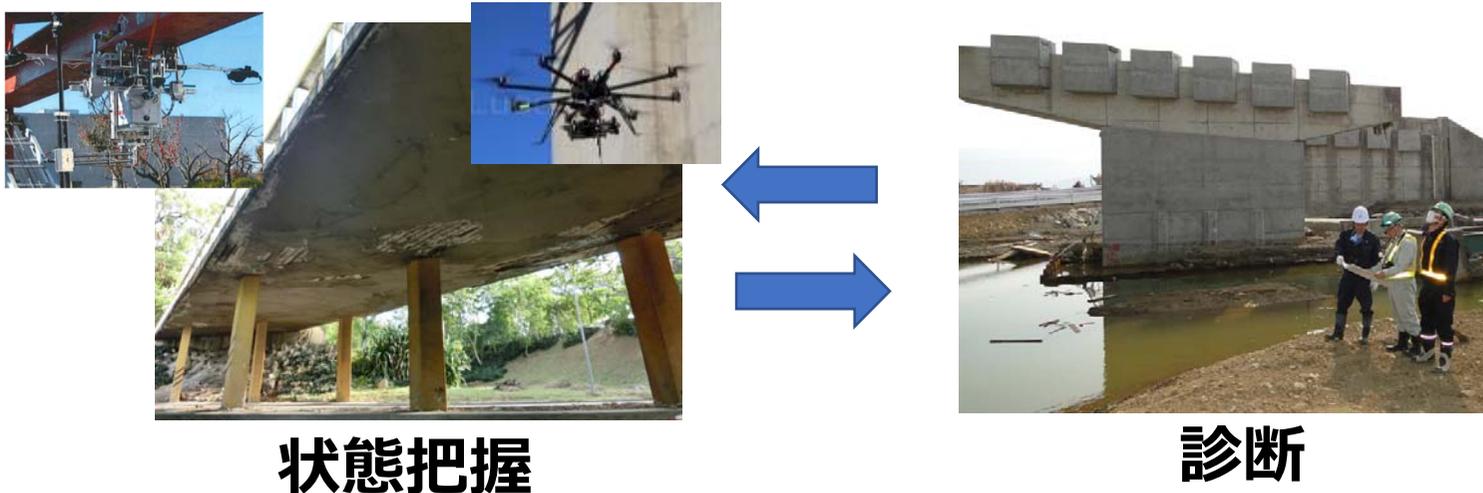
学習には**ルール**と**定義**が必要



- ◆目的関数の設定
- ◆選択肢の設定

説明できないのは誰の責任か？

- 暗黙知の言語化



AIによる自動化？

「説明」というルールを定式化する必要がある
(これまで土木技術者が怠ってきたこと)

だが、全てを説明することは可能か？

どこにハードルがあるのか？

□事実の把握と判断は別？

⇒損傷度と健全度（対策区分）には大きなギャップ

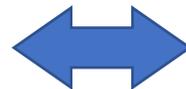
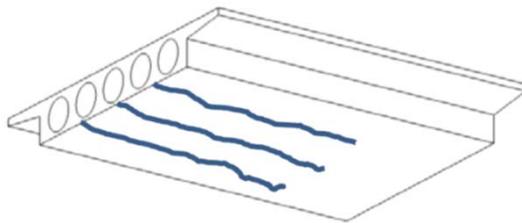
□ひび割れの検出を精緻化すれば解決するか？

⇒入力値の問題ではない？

□ルールベースでのアプローチには限界がある？

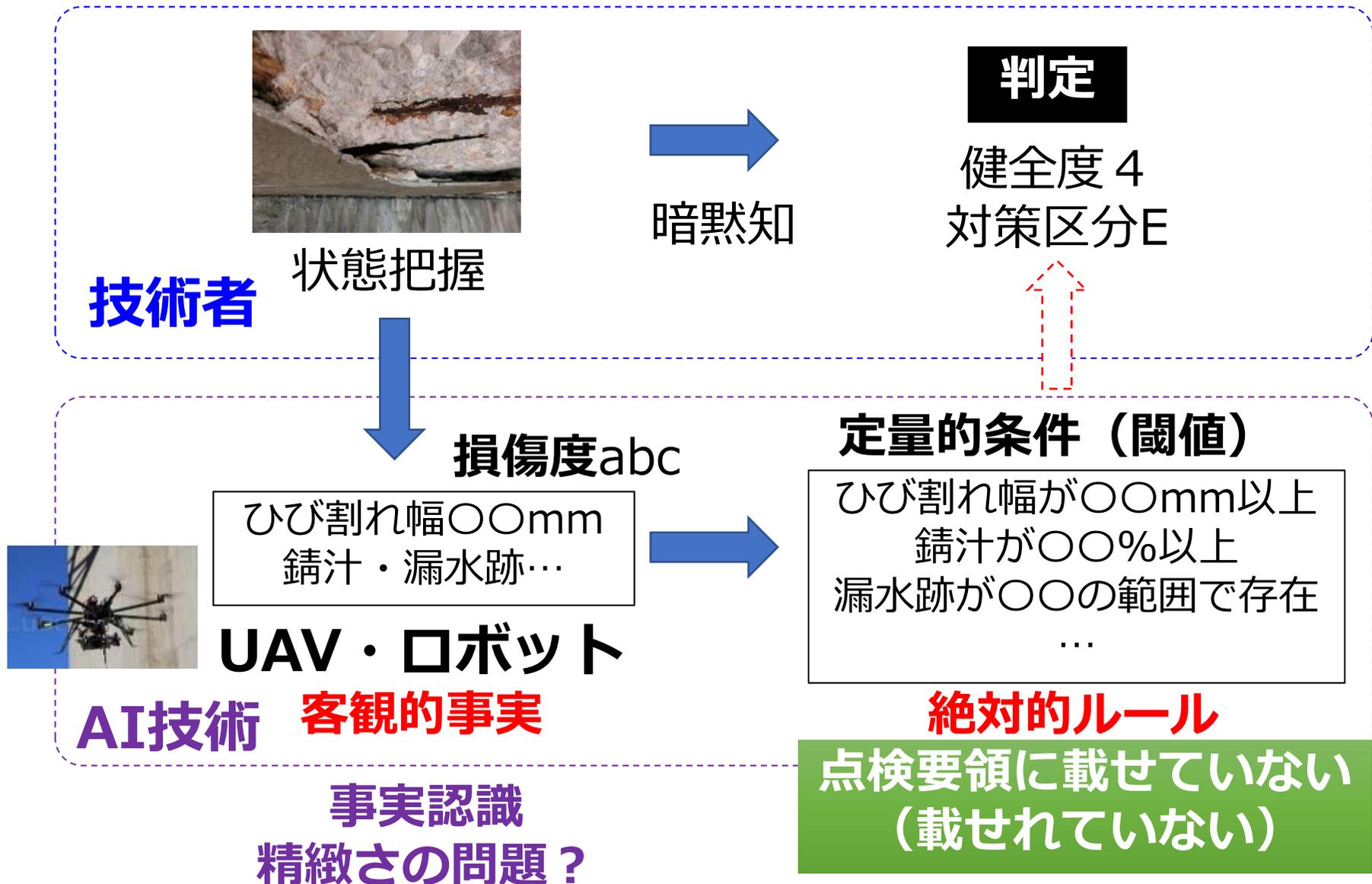
⇒すべてを説明しきれぬのか？

確率・統計的な処理で「決定」することができるか？



判定区分	判定の内容
A	損傷が認められないか、損傷が軽微で補修を行う必要がない。
B	状況に応じて補修を行う必要がある。
C 1	予防保全の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。
C 2	橋梁構造の安全性の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。
E 1	橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応の必要がある。
E 2	その他、緊急対応の必要がある。
M	維持工事に対応する必要がある。
S 1	詳細調査の必要がある。
S 2	追跡調査の必要がある。

目視点検からのAI診断は可能か？



理論的には可能だが...

- **そもそもコストが見合わない**

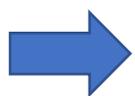
⇒誰がデータを生成・整備するのか？

⇒ルールを見つけ出す作業は誰がやるのか？

- **費用対効果は常に意識すべきこと**

AI化するよりも、アルバイト100人雇ってやらせた方が格段に安くて早い

⇒何ができるかの見極め

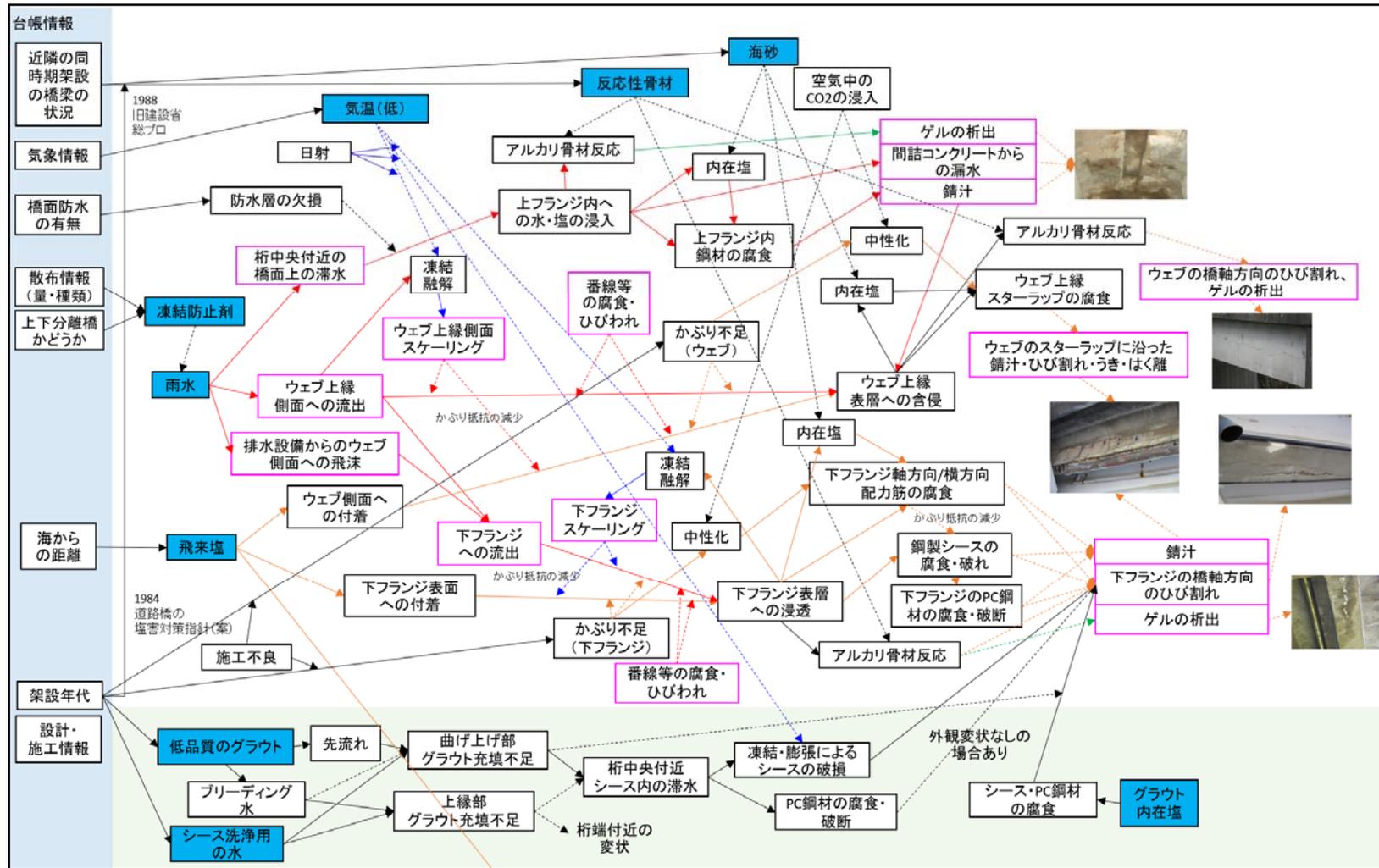


AI技術を適用する範囲を絞る

- 過去のカルテを検索する技術
- 定量的条件の影響が少ない領域（スクリーニング）

AI技術による診断プロセスの可視化

PC桁塩害診断のプロセスの可視化例



外観情報



暗黙知による推定



劣化要因の推定

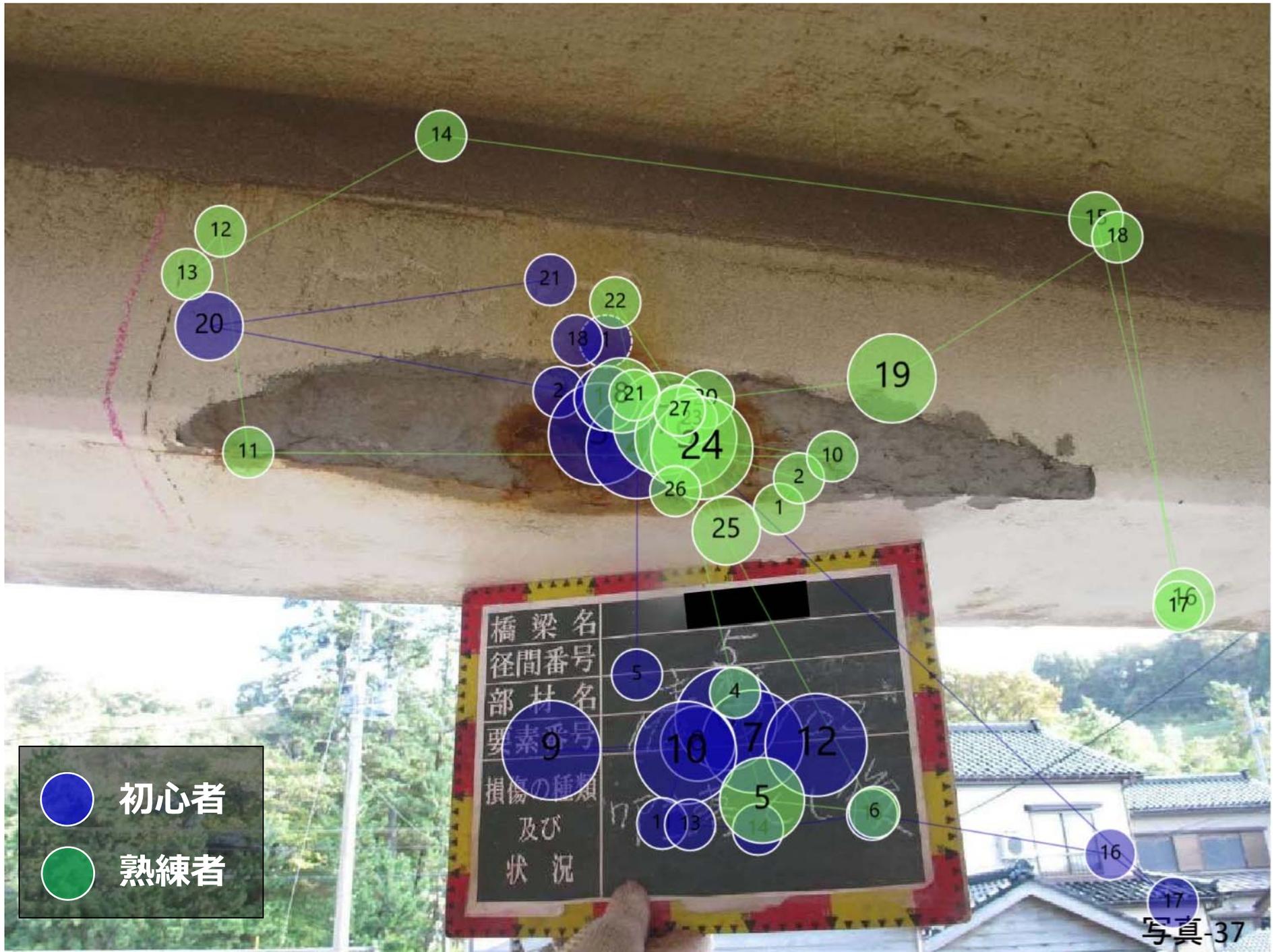
アイトラッキング



自分の行動を可視化する → (人が) 自己分析する



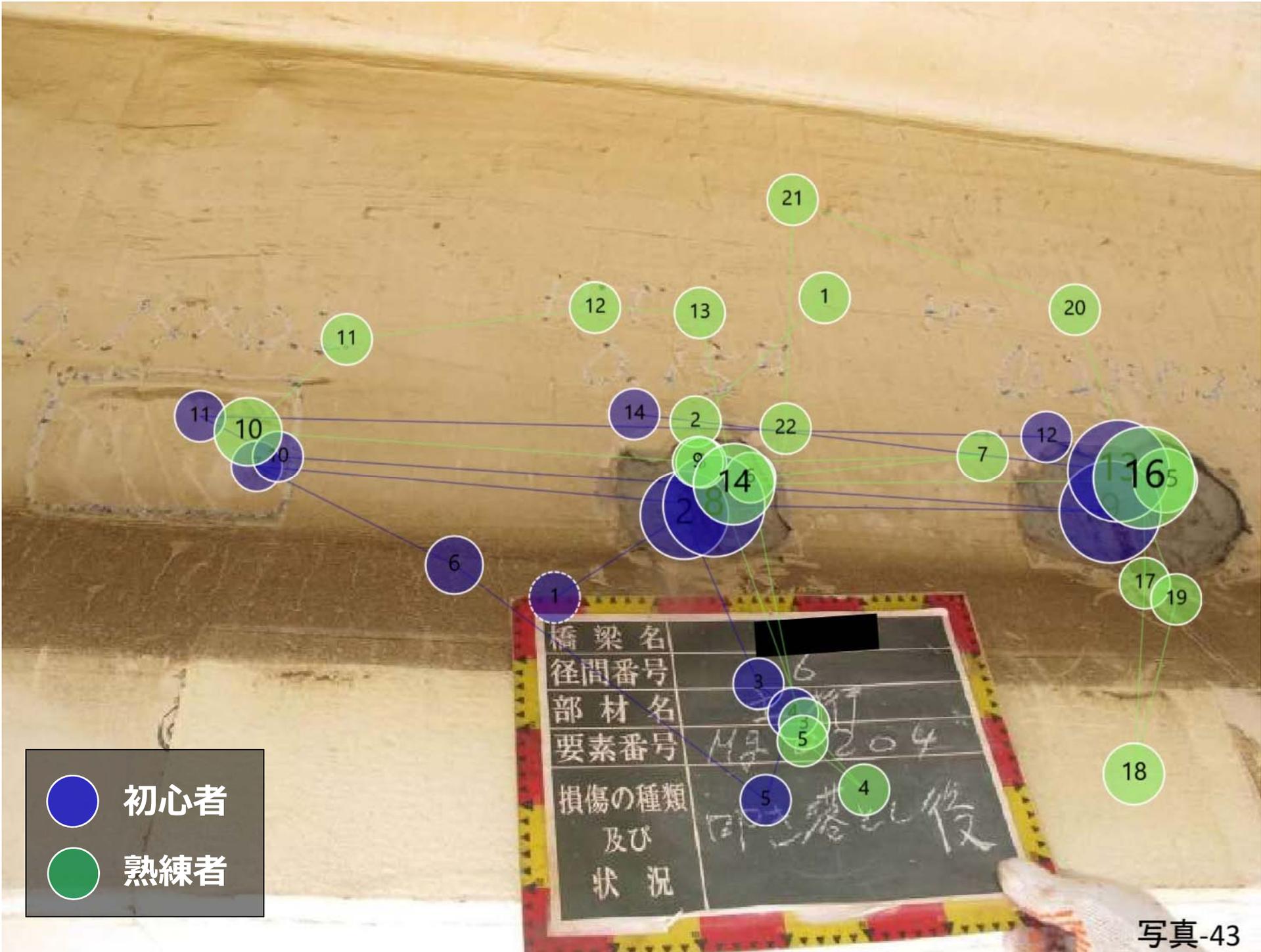
橋梁名	[REDACTED]
径間番号	5
部材名	主桁
要素番号	M2.0102
損傷の種類 及び 状況	叩き落し後



● 初心者
● 熟練者

橋梁名	[Redacted]		
径間番号	5	4	5
部材名	10	7	12
要素番号	9	5	6
損傷の種類 及び 状況	1, 13	14	16





● 初心者
● 熟練者

橋梁名	[Redacted]
径間番号	6
部材名	橋脚
要素番号	M2 204
損傷の種類 及び 状況	同落石後

写真-43

土木分野の適正

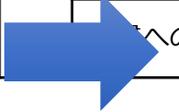
項目	細目	現状の作業内容	AI活用により期待する効果	求められるAI技術
事前準備	橋梁諸元の整理	橋梁カルテ、点検調書の確認	検索補助	・既存の検索エンジン
	橋梁形式・地域性・環境を確認	〃	検索補助	〃
	変状および損傷の想定	過去事例（経験）から想定	相関事例	〃 ・類似の橋梁形式、類似の損傷種類を想定する技術
	重点確認箇所の抽出	〃	相関事例の抽出	〃
	作業手順の計画	現地状況などを踏まえて作成		-
実施調査	目視確認	調査員による目視確認	誘導	・目視順序や部位、部材毎の着眼点を指示する技術
	打音調査	調査員が聞き取った音を記録	定量的判断	・打音データ（変位応答等）を基に損傷を判定する技術
	変状の寸法計測	調査員が適当な手法で計測	画像読み取り	・画像認識、判別技術、スケール付与技術、画像内寸法計測技術
	損傷スケッチ	調査員が目視結果をスケッチし記録	画像読み取り	〃
	写真撮影	調査員が所持するカメラで撮影 各々の判断でアングルを決定して記録	ノウハウ	・画像をリアルタイムで撮影し、焦点距離でのみ撮影する技術と制御技術
調書作成	変状種類の特定	橋梁点検要領に則り、調査員が特定	画像読み取り	・画像認識、判別技術により、変状を客観的に特定する技術
	対策区分の判定区分を決定	〃（定性的指標）	定量的判断	・画像認識、判別技術等を駆使し、変状が発現した部位、部材などの情報から総合的に判断する技術
	評価区分の決定	〃（定性的指標）	定量的	〃
	損傷図の作成	損傷スケッチのCAD化	画像読み取り	・画像認識、判別技術により描写対象を認識し、それ以外をマスキングした線形データをCAD化処理する技術

検索技術

識別技術

最適化

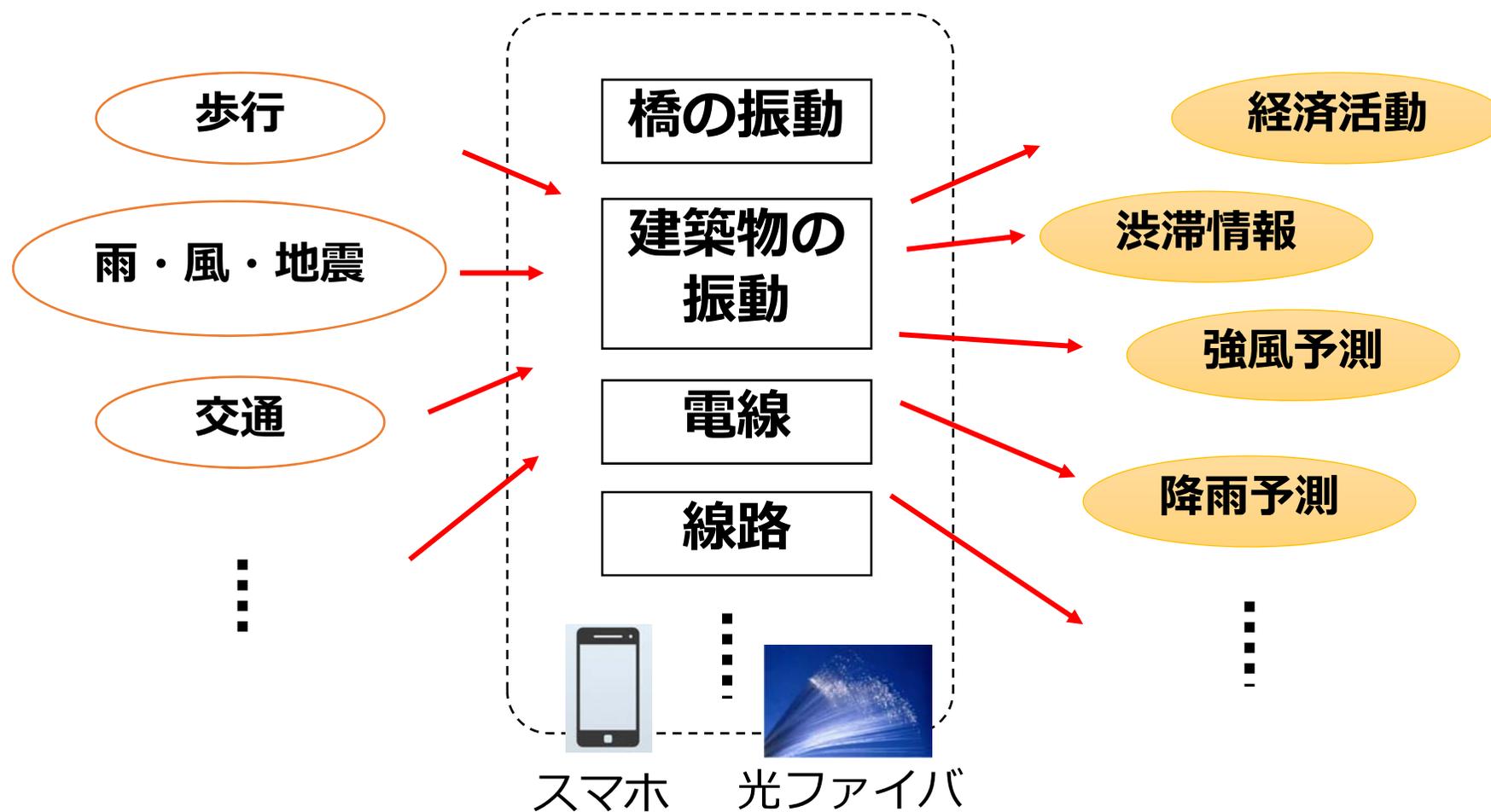
予測



システムの適用性は土木技術者にしか判断できない

情報化のリソース

- 「インフラ」そのものを「センサ」に



検出の精緻さは求めない

まとめ

□AI技術は、最適化ツール（検索エンジン、データ内挿・外挿、識別）であることを理解する

□技術の適正を判断する

- AI技術は、土木分野で「最適化」させたい（できる）作業に適用する
- 土木分野におけるAI技術の適正は、土木技術者にしか判断できない

□説明が欲しいなら、自らが説明すべき

- 自分の行為をすべて説明できるか？
- 「説明できない行為」の信頼性はどの程度か？

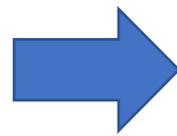
すでにあるものを活用する



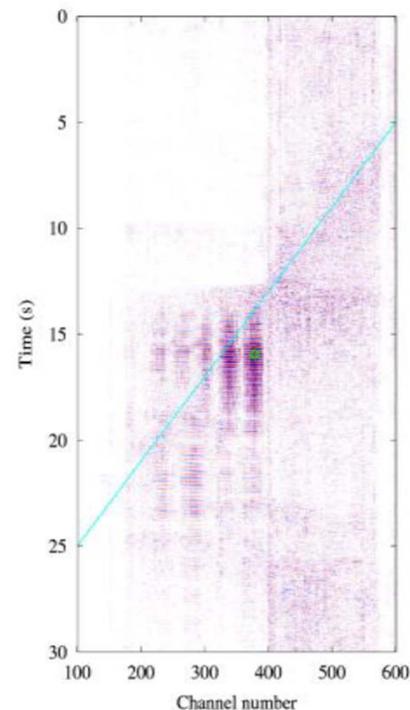
既設の光ファイバ全長2.3km
(阪神高速道路湾岸線)



箱桁内の**通信用**光ファイバ



自然体で
記録



振動計測結果 (DAS)

AI的アプローチ



気温

車両

地震

降雨

風

ありがとうございました

