

3次元データとAIを活用したインフラメンテナンス・プラットフォーム



SiP

橋梁デジタルツインの実装に向けた  
共通データモデルとグラフDBの構築

法政大学 デザイン工学部

今井 龍一

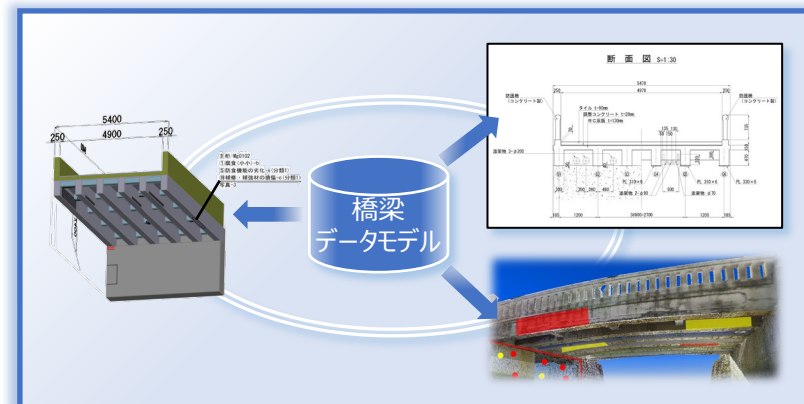
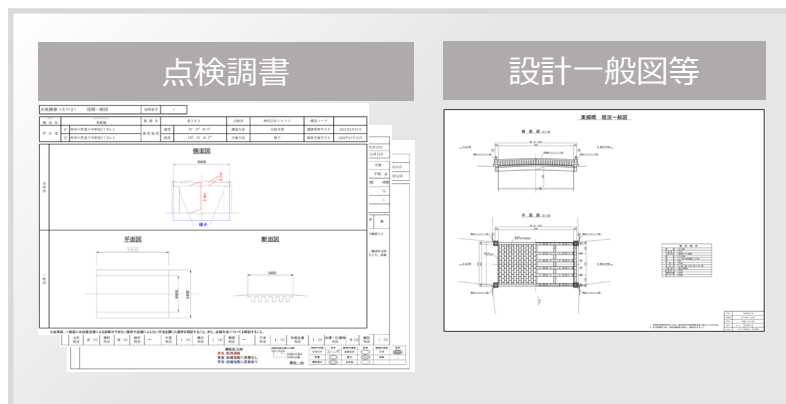
# 地方公共団体管理の橋梁データベースの合理化を図る！

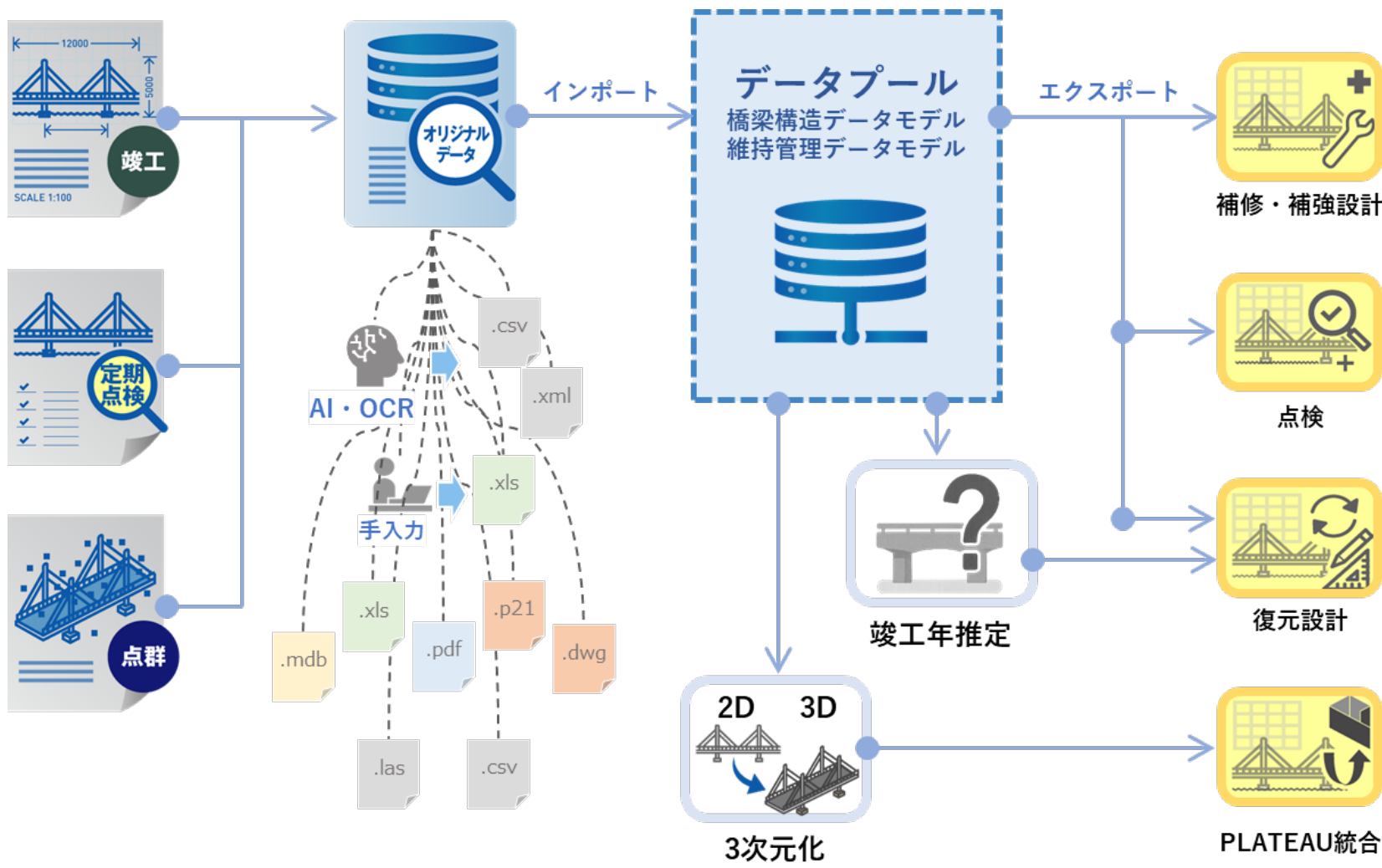
## 現状

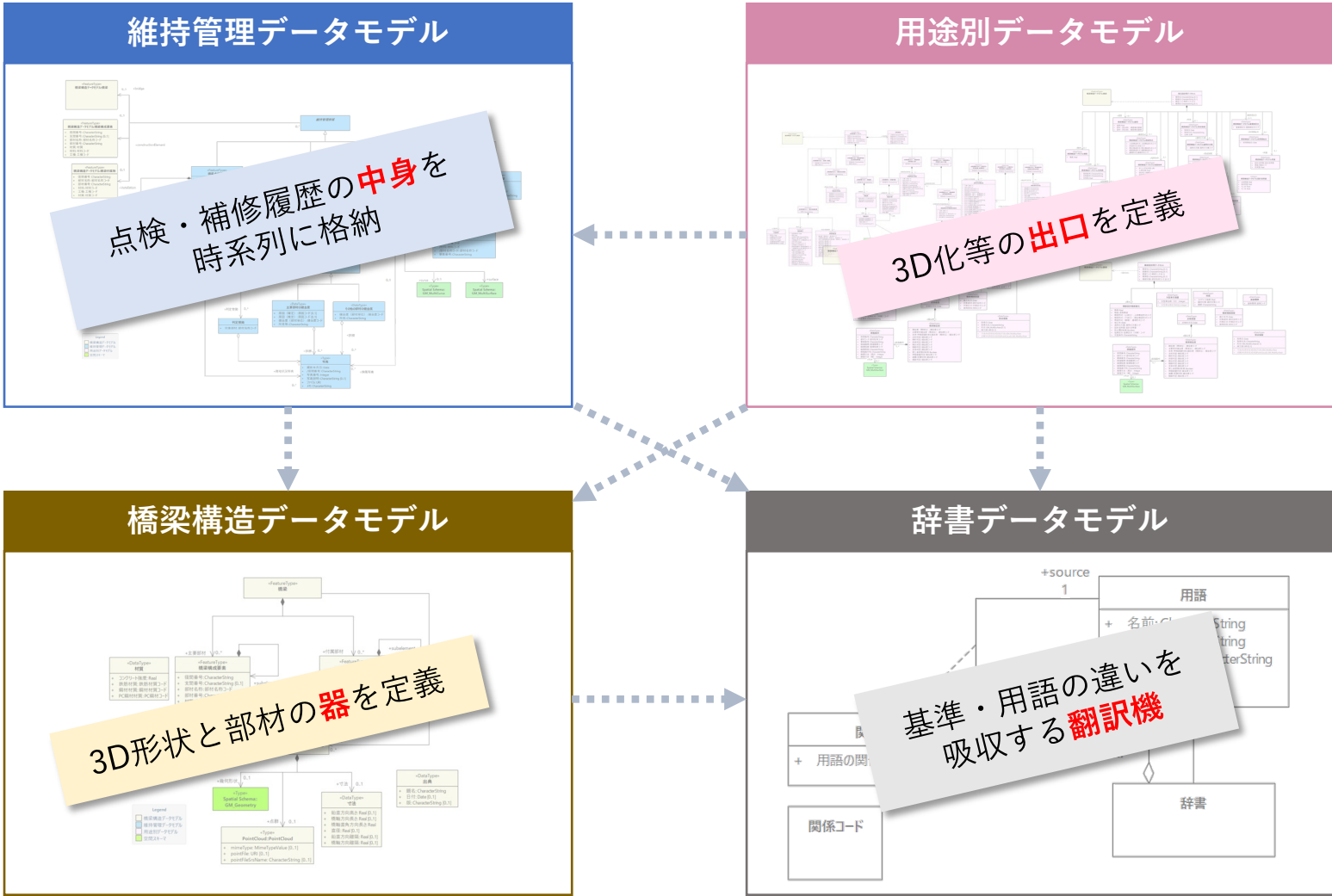
- 橋梁の点検記録の**大半が帳票**
- 設計図や竣工図が無く、**橋梁一般図のみ**も多い
- 点検記録の様式は様々
- 点検箇所の特定制など**紐解き作業**に時間を要する
- 補修・補強設計時に、復元設計を実施

## 目指す姿

- ✓ 図面や点検記録等から橋梁データモデルを構築
- ✓ 補修・点検記録は、モデルに則して**一元管理**
- ✓ 用途に即した各データや3Dモデルは、**橋梁データモデルから生成**→ワンソース～マルチユース





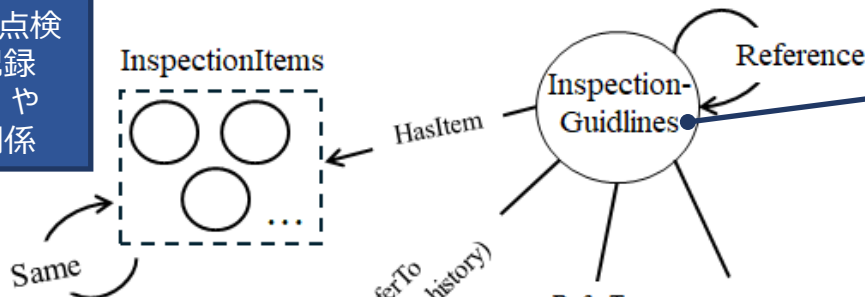


【研究成果】Nakamura, K., Tsukada, Y., Teraguchi, T., Kurokawa, C., Imai, R.: Integrated data model for bridges with 3D geometry and maintenance information, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, WILEY, 2025.10, <https://doi.org/10.1111/mice.70084>

着眼点	既存DB（RDB）	グラフDB（GDB）	GDBの利点
データ構造	表形式（行と列）で固定	ノード（データ要素）とエッジ（関係線）で柔軟	新形式や関係追加も再設計不要
関係の表現	表を結合（JOIN）して関係を表現	ノード（データ要素）間をエッジ（関係線）で直接接続	関係構造を自然に把握可能
検索性能	多段JOIN（結合処理）で複雑化・低速化	関係を直接たどる構造で <b>高速</b>	複雑な検索も瞬時に可能
拡張性・保守性	項目追加時にスキーマ修正が必要	ノードやエッジを追加して拡張	<b>新しい点検項目・基準改定にも即対応</b>
データ統合	フォーマットや基準差異を吸収しにくい	オントロジー（意味構造）で柔軟に対応	<b>国交省と自治体基準の相互変換が容易</b>
可視化	表・集計中心で関係構造が見えにくい	グラフ構造で直感的に可視化	損傷・補修の関係を一目で把握
AI・機械学習との連携	構造が固定的で関係の学習が困難	関係構造を特徴量として学習可能	<b>AIによる損傷予測・補修優先度判定に応用可能</b>
適用例	統計・帳票・業務記録の蓄積	維持管理データの連携、知識推論、解析	橋梁状態の可視化と計画立案の高度化

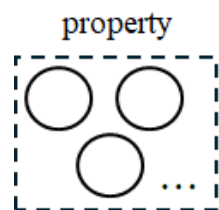
# 勘所③：橋梁維持管理のグラフDBの構造

- Inspection History（点検履歴）は過去の点検記録
- Soundness（健全度）や Damage（損傷）と関係



- Inspection Guidelines（点検基準）は、自治体や国交省の基準類
- これにInspection Items（点検項目）が関連付いて、Same関係により、異なる基準間で同義項目をマッピング

- 損傷に対してどんな補修を行ったかを HasRepairObject 接続
- 損傷と補修の関係が可視化され、履歴を辿ることが可能



HasProperty

HasInspectionHistory

HasSpan

HasComponent

HasShape

HasLocationOfComponent

HasLocationOfDamage

HasRepairObject



HasResult

ReferTo (soundness)

ReferTo (damage)

HasBasis

HasLastHistory

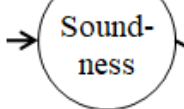
IsComponentOf

HasLocationOfComponent

HasShape

HasLocationOfDamage

HasRepairObject



HasBasis

HasLastHistory

IsComponentOf

HasLocationOfComponent

HasShape

HasLocationOfDamage

HasRepairObject

HasLocationOfComponent

HasShape

HasLocationOfDamage



HasBasis

HasLastHistory

IsComponentOf

HasLocationOfComponent

HasShape

HasLocationOfDamage

HasRepairObject

HasLocationOfComponent

HasShape

HasLocationOfDamage



HasImage

HasRepairObject

HasLocationOfDamage

HasLocationOfComponent

HasShape

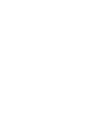
HasLocationOfDamage

HasRepairObject

HasLocationOfComponent

HasShape

HasLocationOfDamage



HasImage

HasRepairObject

HasLocationOfDamage

HasLocationOfComponent

HasShape

HasLocationOfDamage

HasRepairObject

HasLocationOfComponent

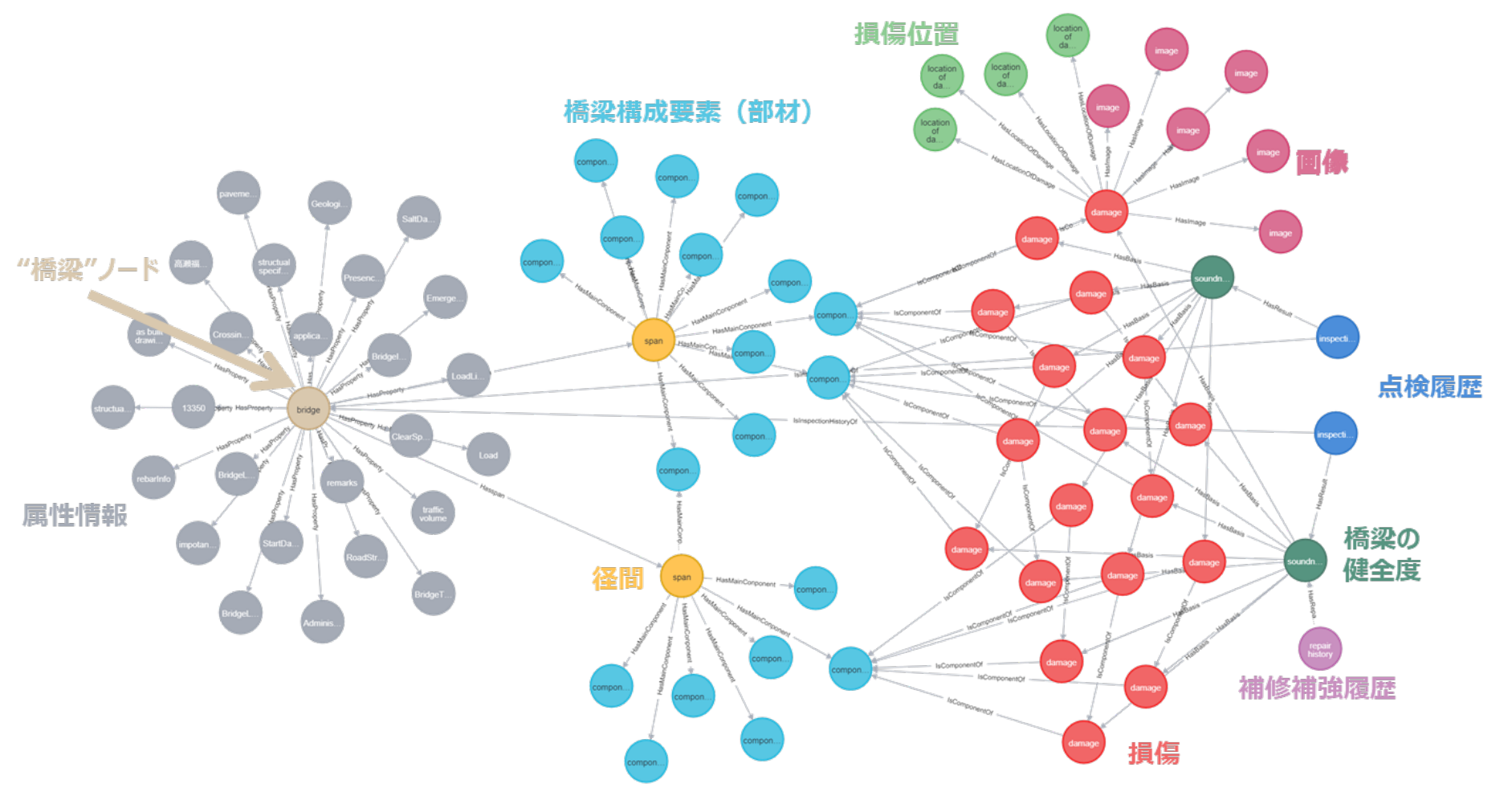
HasShape

HasLocationOfDamage

- 最も重要な管理対象
- 損傷はどの部材に、どの位置で、どんな基準に基づいて評価されたかを矢印（エッジ）で直接示す

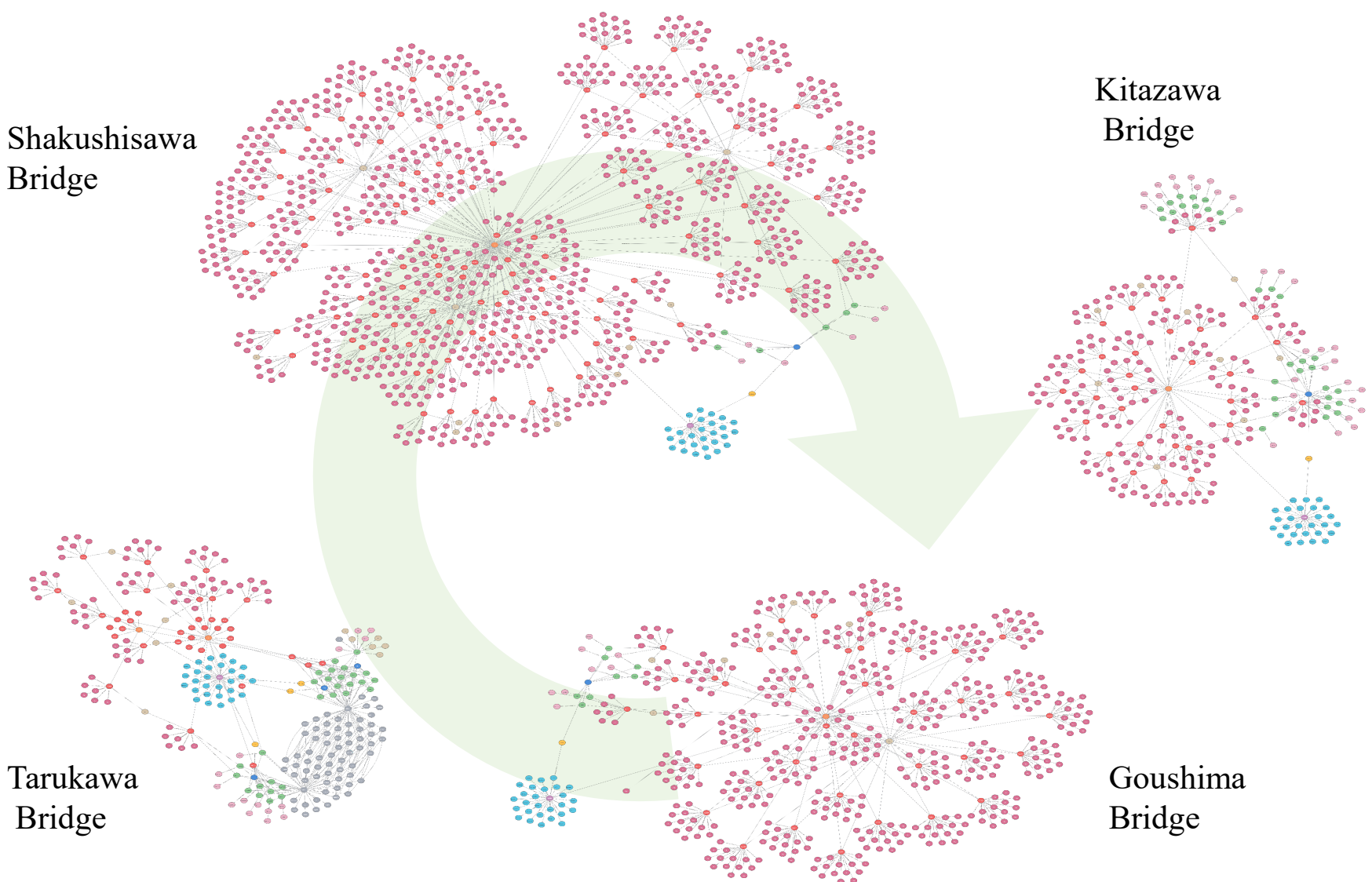
- 全体の起点
- 各橋はSpan（径間）を保有
- HasPropertyで属性（橋長、材料等）を保持

- 桁や床版等の部分構造を表現
- 各部材は「Shape（形状）」や LocationOfComponent（位置）と結合



静岡市から橋梁台帳の提供を賜りました。  
ここに記して感謝を申し上げます。





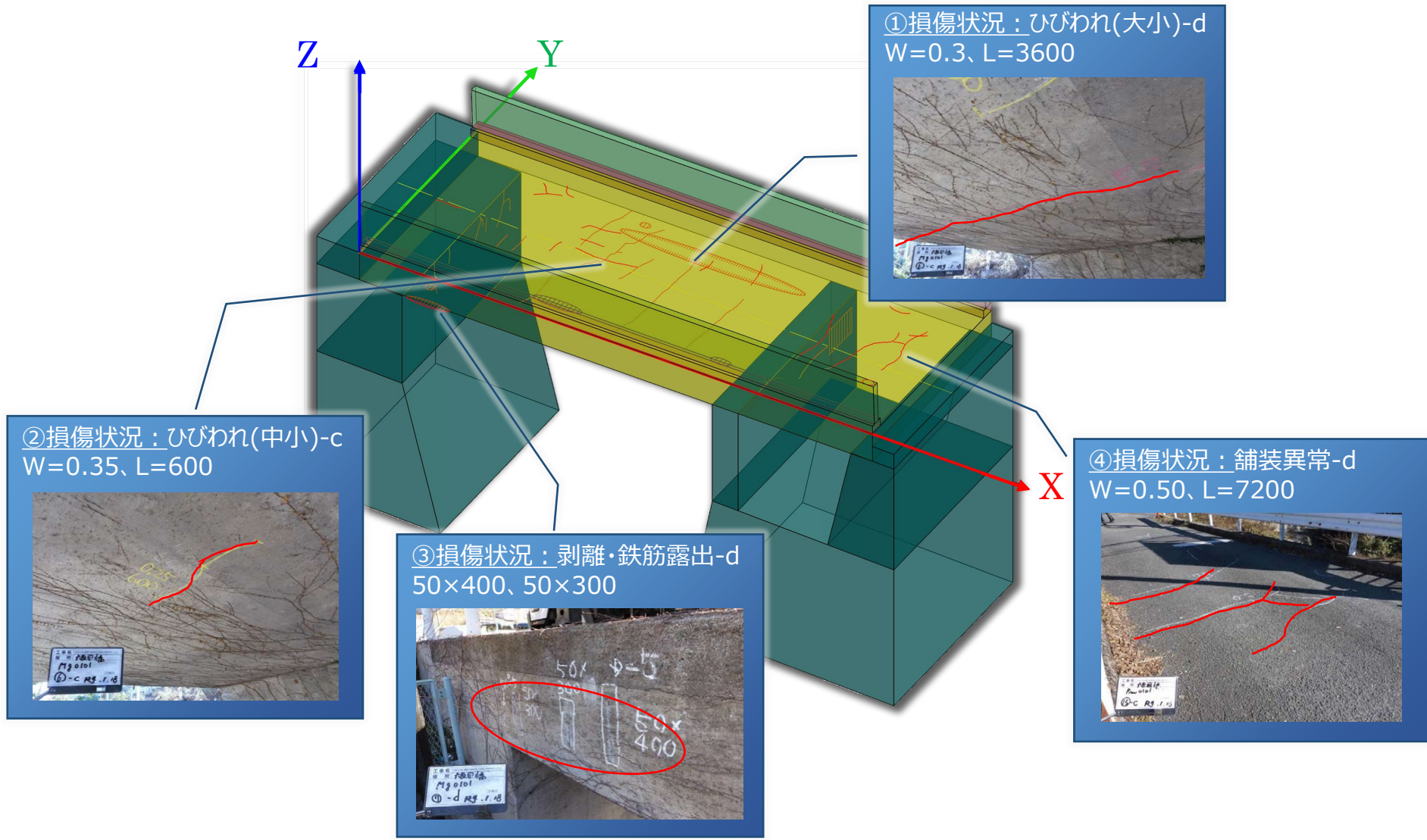
静岡市から橋梁台帳の提供を賜りました。  
ここに記して感謝を申し上げます。



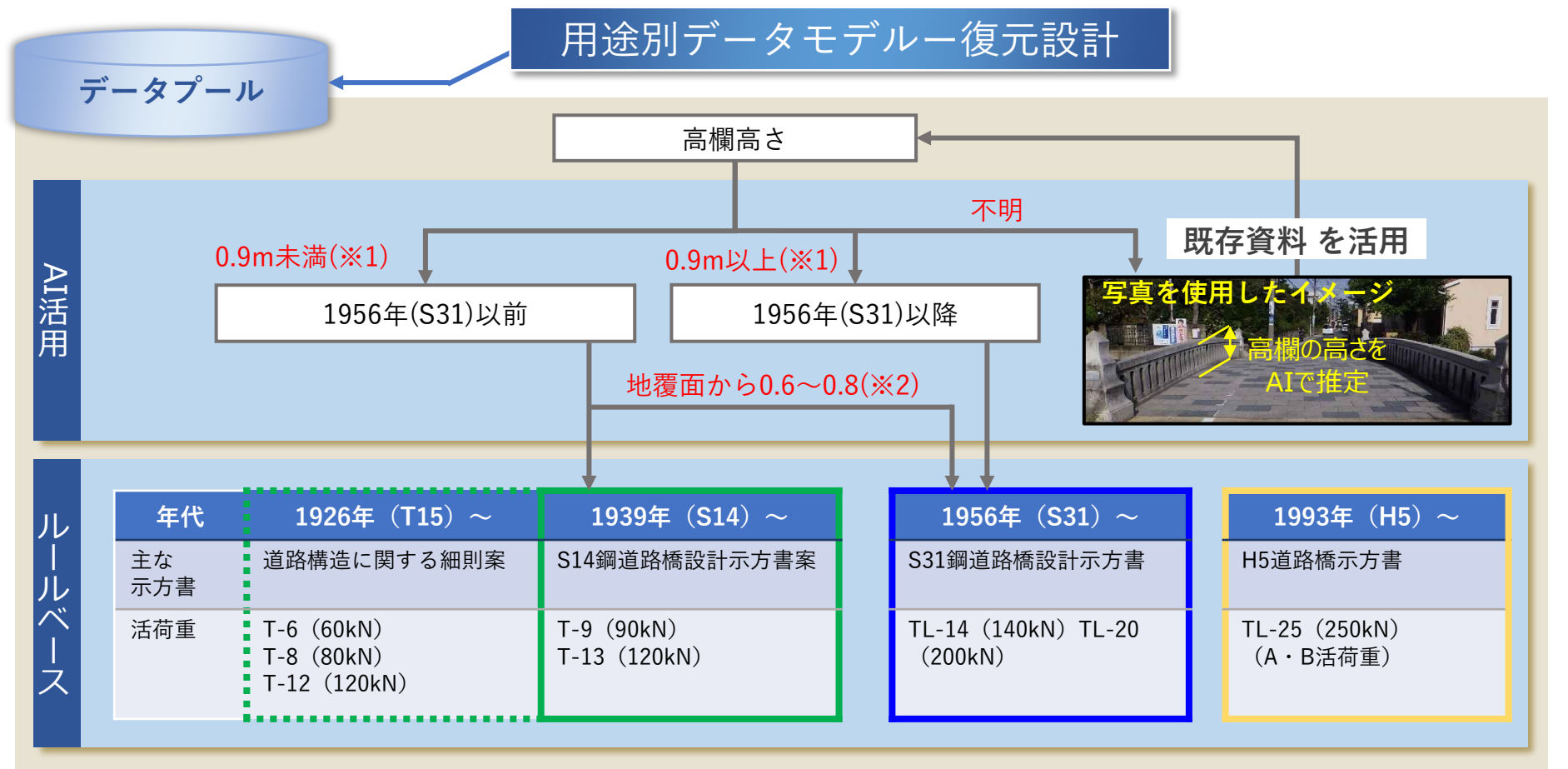
# ユースケース①：デジタルツインによる損傷の可視化



スマートインフラマネジメント  
システムの構築



【研究成果】Nakamura, K., Tsukada, Y., Teraguchi, T., Kurokawa, C., Imai, R.:Integrated data model for bridges with 3D geometry and maintenance information, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, WILEY, 2025.10, <https://doi.org/10.1111/mice.70084>



(※1) 竣工年が不明で高欄の高さが0.9m以上の場合は、S31道示を準拠とルールベース化する。

(※2) 欄高さ0.9m未満と0.9m以上が混在する時期があったため、地覆面からの高さも含めて検討する。

## ■既存資料を知識ネットワークに展開

- 現状：台帳・点検票・補修履歴が分断管理され、担当者が資料を照合
- GDB：橋梁・部材・損傷・補修をノードとして直接リンク
- ➔ どの損傷がどの補修と関係しているか、再発傾向などを一目で把握

## ■見える化による意思決定の迅速化

- 現状：点検・補修データはExcelや帳票中心で俯瞰が困難
- GDB：点検・損傷・補修履歴を3Dモデルやグラフで可視化
- ➔ 損傷位置や健全度変化を瞬時に把握し、現場と管理者の意思決定を同期

## ■予防保全を経験からデータ駆動型へ

- 現状：劣化傾向を把握するには人手で集計してて、関連損傷も横断的に見づらい
- GDB：劣化傾向や再発部位をグラフ構造解析で抽出
- ➔ AIで損傷発生確率を予測し、戦略的・先手型の保全計画が可能

## ■地域インフラ群再生戦略マネジメントを支えるデータ基盤

- 現状：地方公共団体ごとに点検票・基準が異なり、横断分析が困難
- GDB：共通データモデルに基づくノード構造で異なる基準を内部マッピング
- ➔ 組織の違いを越えてデータを統合し、広域的な分析・協働的な維持管理を実現！

地方公共団体の皆様！  
橋梁台帳の提供を是非ともお願いします！

終

今井龍一  
imai@hosei.ac.jp