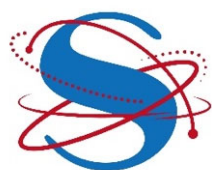


2024年9月25日
スマートインフラマネジメントシステムの構築
シンポジウム2024



SiP

インフラデータの活用につながる
デジタルツイン基盤の構築

サブ課題D（研究開発テーマD-1）
研究開発責任者
本田 利器

- ✓ 「サイバー・フィジカル空間を融合する
インフラデータベースの共通基盤の構築と活用」のめざす姿
- ✓ 研究開発の方向性
- ✓ サブ課題Dで実施している研究開発の内容
- ✓ 研究開発実現による効果とその道筋

「サイバー・フィジカル空間を融合する インフラデータベースの共通基盤の構築と活用」 のめざす姿

都市のデジタルツイン構築にむけたデータ整備

- インフラや建築物などのオープンデータの整備が進む
→インフラ分野のデータ整備はシミュレーションにつながるデジタルツイン構築が次なる課題

事例

国土交通DPF

- ・ 各局等が有する様々なインフラのデータ基盤との連携を行うゲートウェイ・ハブ。

PLATEAU

- ・ CityGMLに準拠したフォーマットによる3D都市モデルの全国的整備。インフラについては今後の充実に期待

東京都デジタルツイン

- ・ 点群データ・3D都市モデル等3次元空間情報を整備。今後の整備・発展に期待

都市OS（FIWARE等）

- ・ 都市におけるデータを集積し、横断的に活用するプラットフォーム



背景

- 気候変動，災害復興，地域の縮退等，不確実性の大きい状況下でのインフラマネジメント
 - 統計処理に基づく経験的な最適解ではなく，メカニズムの理解に基づく意志決定が必要
 - 個々の構造物ではなく，都市インフラ全体が対象

目標

- あらゆる都市インフラのDT化
 - 土木分野で培ってきた技術を活用する基盤の整備
 - 災害シミュレーション，維持管理，地域政策（復興戦略を含む）など，インフラ管理でDTの活用がデファクトスタンダードに
 - AI，量子計算等の次世代技術を活用する技術開発のエコシステムとなる環境の整備へ

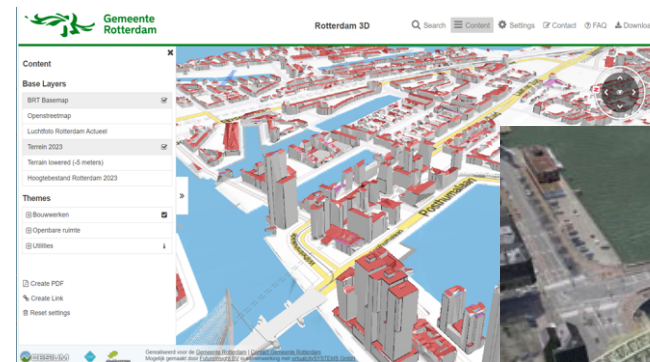
精緻なデジタルツインは都市インフラのマネジメントに最適か？

- 構造物の外形や水道網などの幾何情報や交通情報等の観測データを集約
- インフラそのものというより、インフラ上で展開される都市活動の管理を意図
- 多機能かつ高精度のモデルを前提としているため、高コストで広域への展開が困難

事例

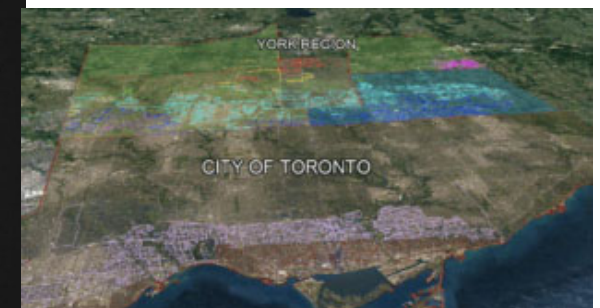
ロッテルダム（オランダ）

- エネルギー消費分析, 地下インフラの資産管理, 都市洪水アプリケーション等を実施
- Bentley Systems MicroStationを使用



トロント（カナダ）

- 水道管, 廃棄物, 輸送に関わるインフラをIoTセンサーにより監視
- 水道システムや廃棄物, 輸送を管理
- METAWORLDXを利用



デジタルツインを活用した効率的・効果的なインフラマネジメント 実現のためのミッシングリンクを研究開発により構築

- インフラマネジメントに資する多様な解析技術を活用するための基盤技術が必要
- 多様なデータを統合した3Dモデルの自動生成、高度なデジタルツイン技術の低コストでの提供が必要

多様なデータを活用した高度なインフラマネジメント

利用者（インフラ管理者, 施工会社, 建設コンサル, ベンダー）

高度なデジタルツイン技術を低コストで提供

劣化シミュレーション

災害シミュレーション

都市環境シミュレーション

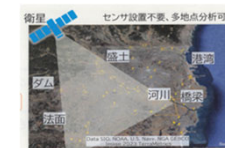
インフラのデジタルツイン基盤（アプリ群・関連データベース）

多様なデータを統合した3Dモデル

設計図面などの
インフラに関する
多様なデータ

 MLIT DATA PLATFORM

 PLATEAU
by MLIT



車載スマートフォンで
AIによる路面損傷検知

研究開発の方向性

互換性の低いフォーマットのデータや、活用におけるコストの高さが課題

① 互換性の低い様々なフォーマットのデータ

- 既存インフラは3Dデジタルデータが存在しない，または紙でのみデータが存在する場合も多く，それらのデータの互換性は低い．
- 設計目的のデータ（設計図など），施工目的のデータ，被災・劣化などのシミュレーションに必要なデータ等，全体を見通したデータ管理がなされていない．

② データや技術の活用の困難さ

- データの収集やシミュレーションモデルの生成に手間がかかり，高度な物理シミュレーションを行う環境もないため，高コストになる．
- 既存業務のDXが先行する一方，現場のニーズの革新的なDXには大きな障壁となる．

多様なデータから意思決定に必要なモデルを自動変換により生成

■意思決定に有用なデジタルツイン

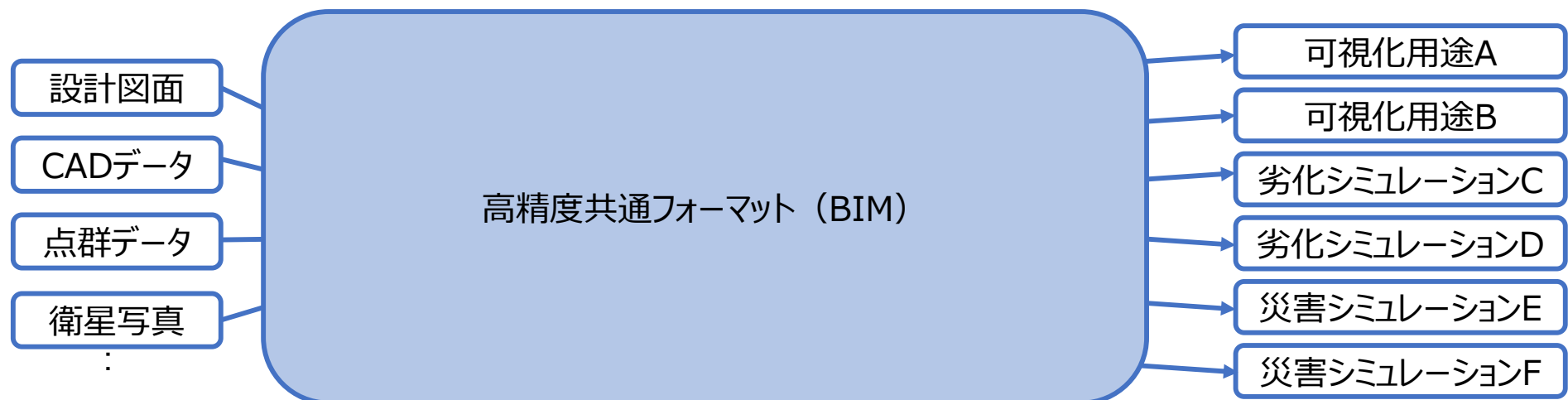
- 過度に高精度である必要は無い
- 解析に必要なメカニズムは想定可能

■専門知に基づくモデル化

- 必要十分なモデルを低コストで生成
- 運用にも専門的知見を活用

■多様なデータから多様な用途へ

- 多様なデータを構造化し、データ変換により、各用途の土木分野で培われた先端技術に接続
- それぞれのモデルの用途は限られるが、全体としては多様な用途へ対応



多様なデータから意思決定に必要なモデルを自動変換により生成

■意思決定に有用なデジタルツイン

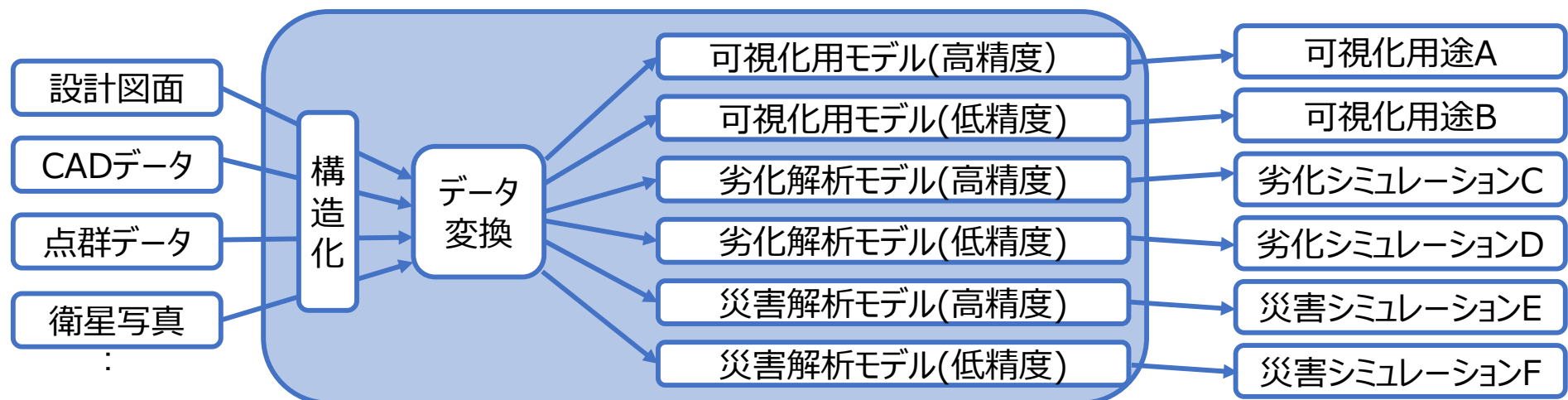
- 過度に高精度である必要は無い
- 解析に必要なメカニズムは想定可能

■専門知に基づくモデル化

- 必要十分なモデルを低コストで生成
- 運用にも専門的知見を活用

■多様なデータから多様な用途へ

- 多様なデータを構造化し、データ変換により、各用途の土木分野で培われた先端技術に接続
- それぞれのモデルの用途は限られるが、全体としては多様な用途へ対応

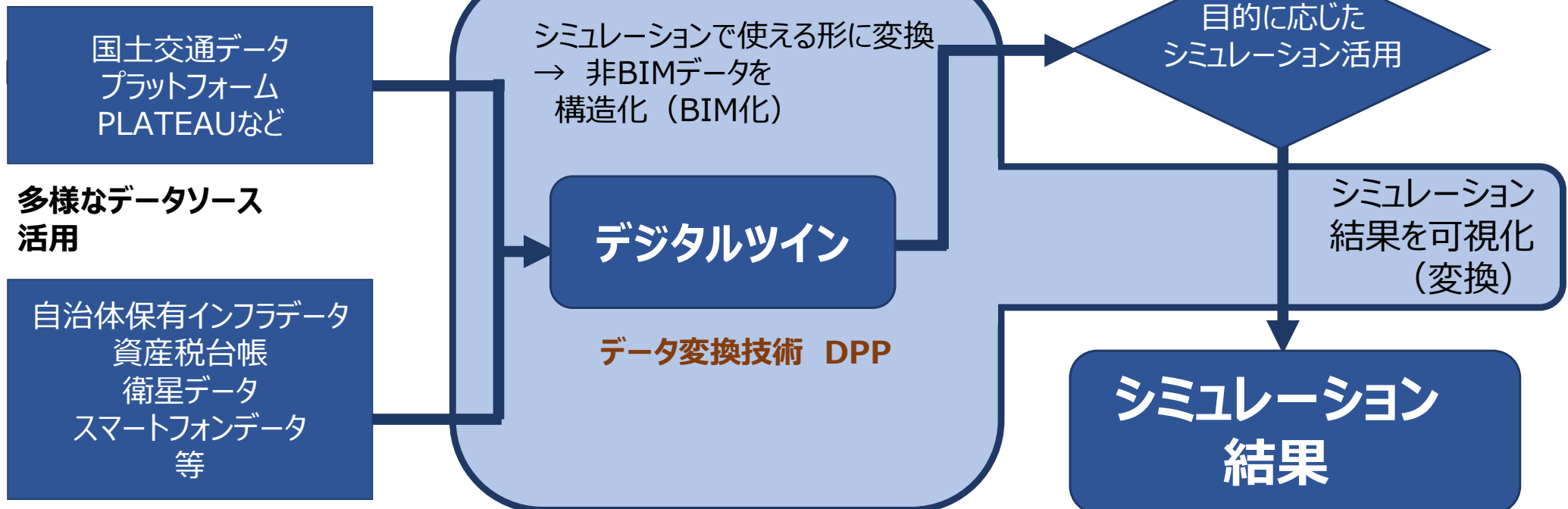


非BIMデータの構造化, クラウドベースでの構築により シミュレーション技術を誰でも低コストに利用可能

- モデル生成技術やシミュレーション技術をクラウドベースで低コストに利用可能に
- データの利用性を高め, インフラマネジメントにおけるデータ活用を促す

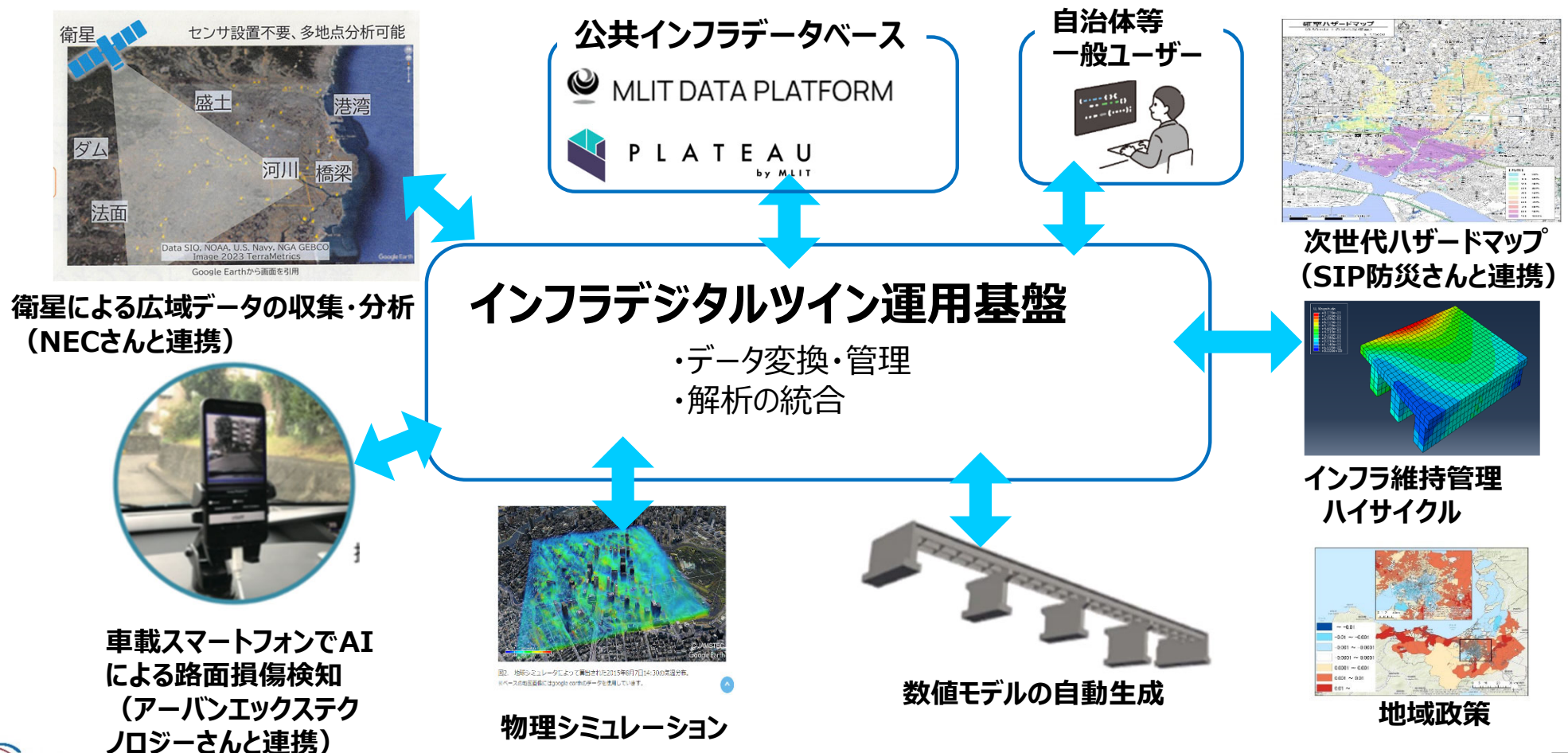
データ生成と多様なシミュレーションの接続, クラウド化

国等のデータプラットフォーム
連携



デジタルツイン基盤により多様なデータと先端技術をつなぐ

- 衛星画像などを含む多様なデータを活用したモデル生成
- 先端的な解析技術を低コストで提供
- 劣化解析シミュレーション, 微気象シミュレーション, 都市交通政策シミュレーション等へ適用



サブ課題Dで実施している研究開発の内容

デジタルツインの運用基盤の構築, 3Dモデルの効率的な生成・活用, デジタルツインの実証を実施

■デジタルツインの運用基盤の構築

■(1)デジタルツインの運用基盤の構築

■3Dモデルの効率的な生成・活用

■(2)CAD図面からのDPPによるモデル生成

■(3)点群等様々なデータソースからのモデル生成

※上記の他, 設計成果のスキーマによる情報連携, 鉄道・港湾等多様な分野における構造物モデル化・解析等も検討

■デジタルツインの実証（観測とシミュレーションのデジタルツイン上での融合）

■(4)劣化シミュレーションのハイサイクル化（サブ課題B連携）

■(5)熱中症リスク評価（微気象シミュレーション）

■(6)衛星データ解析

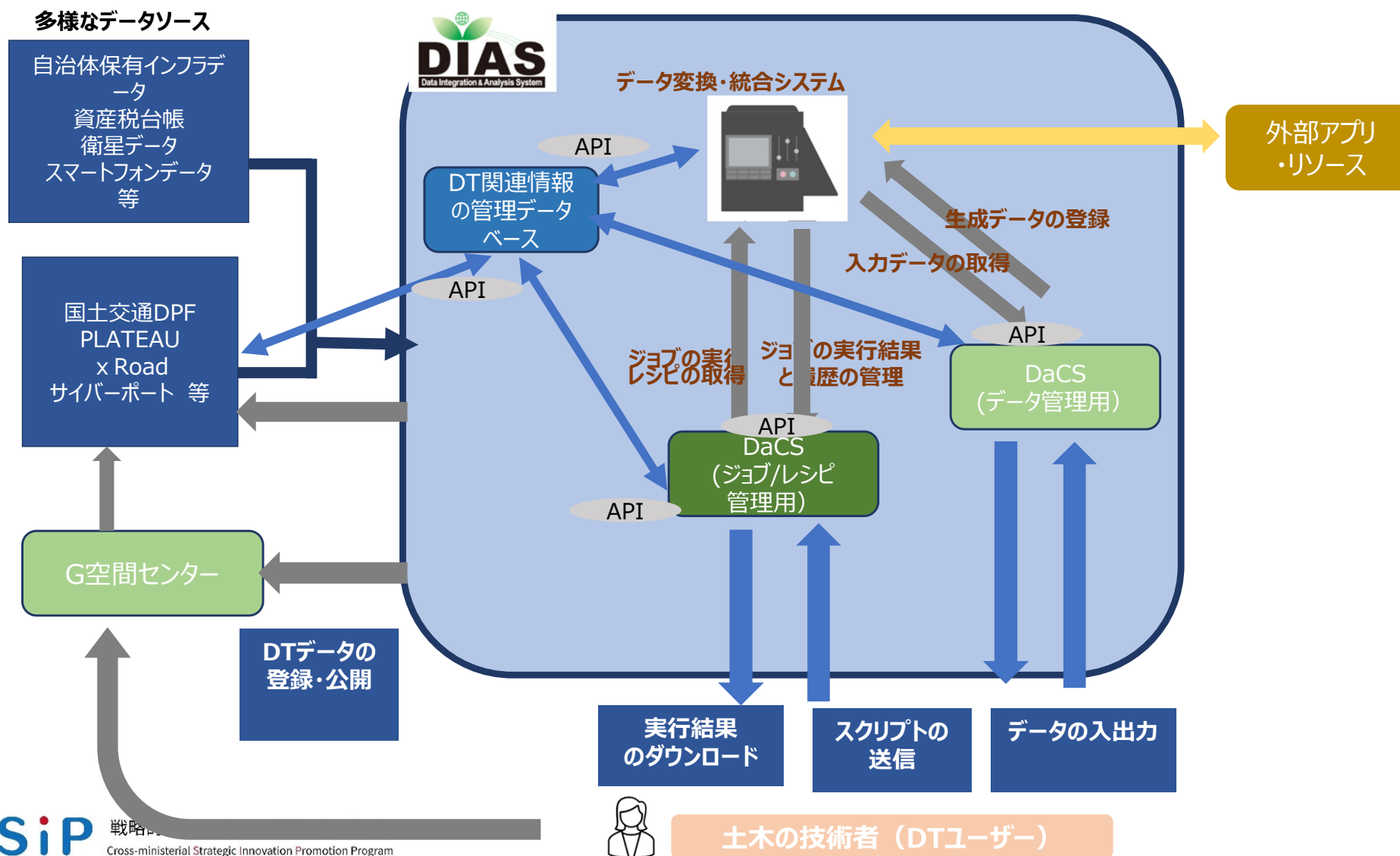
(1) デジタルツイン運用基盤の構築



スマートインフラマネジメント
システムの構築

メタデータ管理と解析の自動実行環境のデジタルツイン基盤の開発

- DaCS、DPPをコアに置き、その他のプログラムとデータを管理・接続する基盤
- 多様なデータと機能を連携させて高度な機能を実装するマイクロサービスストラクチャ



(2) CAD図面からのDPPによるモデル生成



スマートインフラマネジメント
システムの構築

CADデータから3次元モデルへのデータ変換

- データ処理プラットフォーム（DPP）に実装された3次元モデルへのデータ変換技術を高精度化
- データ変換技術を自動で適用してニーズに応じた柔軟な出力を得る機能を実装

DPPによる解析モデル生成フロー



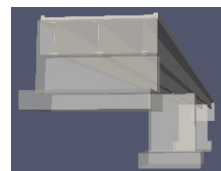
DPPによる簡易モデル生成

XROAD点検DB
(諸元・カルテ
メタデータ)

道路・標高データ
地形・地盤データ
設計関連データ
(基準類・参考図書)

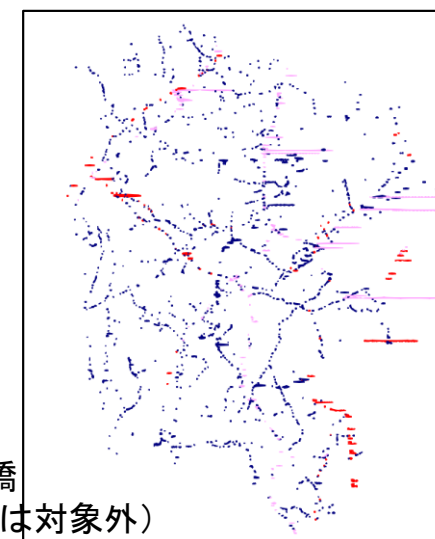
DT

可視化モデル用
パラメタ



骨組解析モデル用
パラメタ

2106橋
(243橋は対象外)



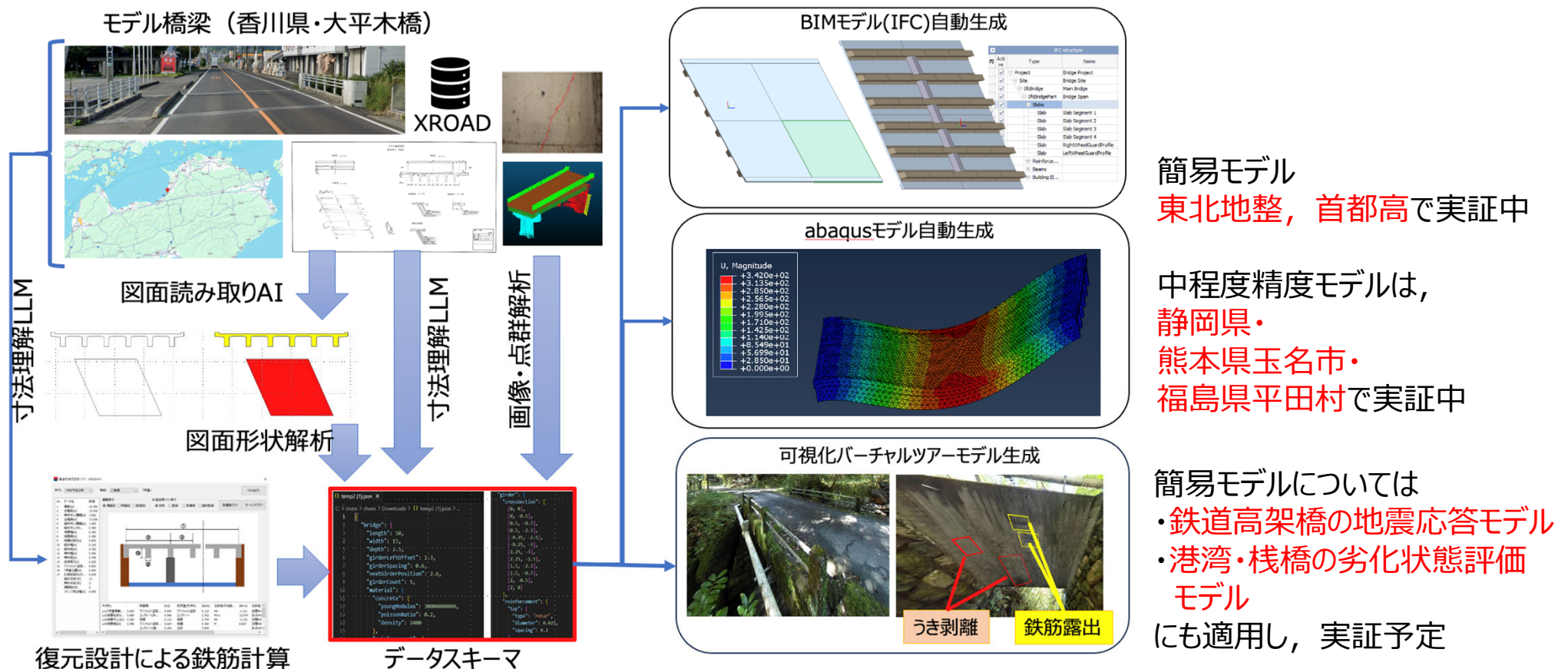
SIP防災 地震被害シミュレーション
(横浜市)と連携

地域内数百の簡易モデル
を自動生成 (横浜市・試行)

様々なデータソースから3Dモデル（BIM,FEM,可視化用等）を生成

- パラメトリックモデルを活用して、多様な技術を統合し、簡易～中程度精度モデルを効率的に生成
- 実際の活用に向け企業・自治体等と調整

LLMによる点群解釈技術を活用した中程度精度モデルの生成

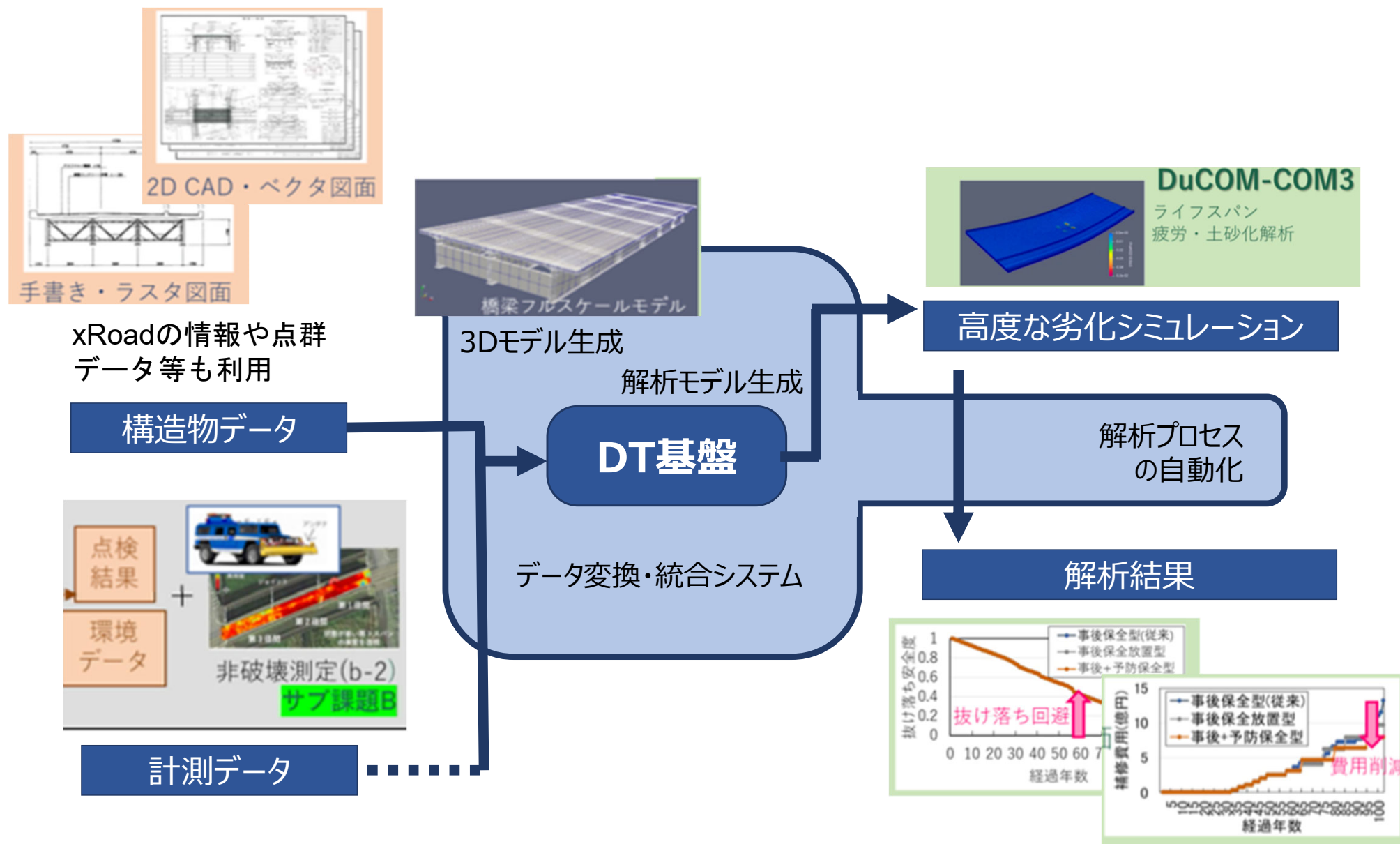


(4) 劣化シミュレーションのハイサイクル化



スマートインフラマネジメント
システムの構築

DT基盤を介してDTの構築・シミュレーションを自動実行



(4) 劣化シミュレーションのハイサイクル化



床版疲労を対象とした維持管理シミュレーションのハイサイクル化におけるデータプロセス自動化を実施

■ パラメトリックモデルの開発により作業効率を90%程度改善. 猿投グリーンロードにおける検証も実施



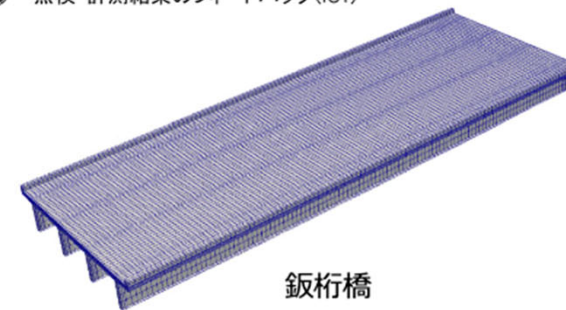
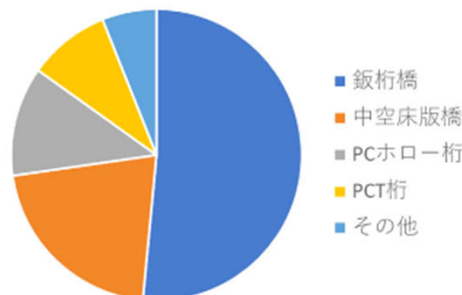
鈑桁橋について、実質的に1橋梁/1日の解析を実現

・1橋梁のプレ処理～解析～ポスト処理 = 1週間

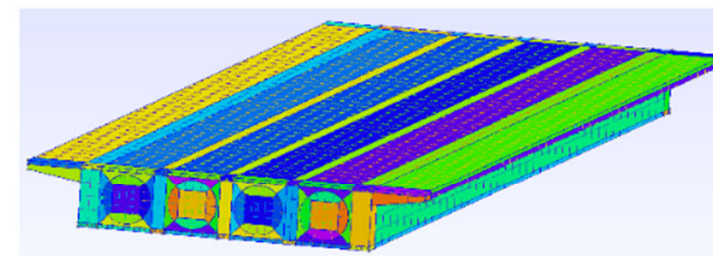
猿投GR (33橋梁)

- ・鈑桁橋 : パラメトリックモデルでの解析を実施
- ・中空床版橋 : 形状のみ生成
- ・PCホロー桁 : 未着手 (T桁の次に取組み予定)
- ・PC T桁 : パラメトリックモデル作成中

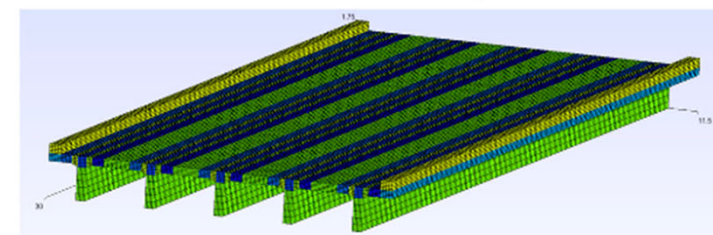
(全体の94%をカバー)



鈑桁橋



中空床版 (RC, PC)

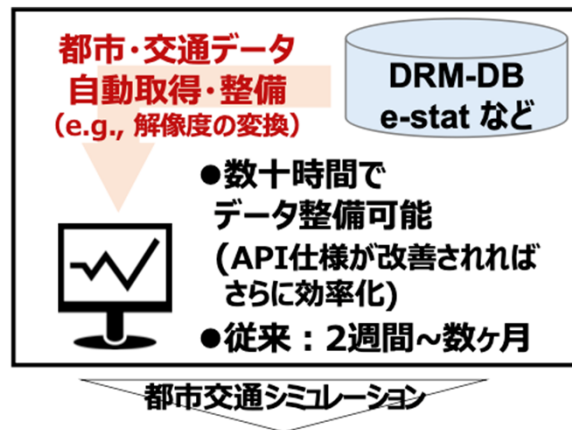


PC T桁

(4) 劣化シミュレーションのハイサイクル化

インフラマネジメント戦略立案への適用が可能な 都市・交通シミュレーションを活用した分析枠組

■ シミュレーション開発, データ取得自動化と効果検証を実施



都市政策シナリオにインフラ維持管理を
容易に接続



実効性についての検証へ

■ 札幌・恵庭・千歳の道路ネットワーク・土地利用データを作成

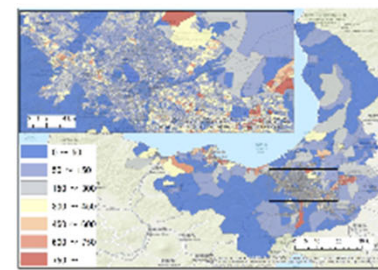
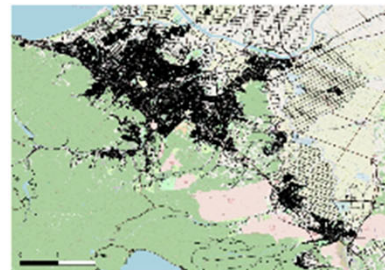
■ 都市交通モデルのプロトタイプ作成：大型車の導入

■ 都市・交通シミュレーションによる札幌・恵庭・千歳の交通量変化の予測 → 高橋先生(D2-1)と接続

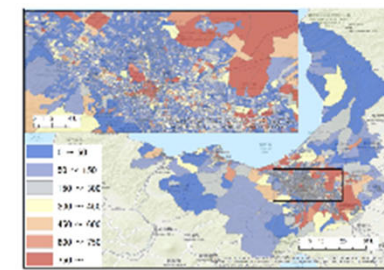
概ね完了



交通ネットワーク



居住者数



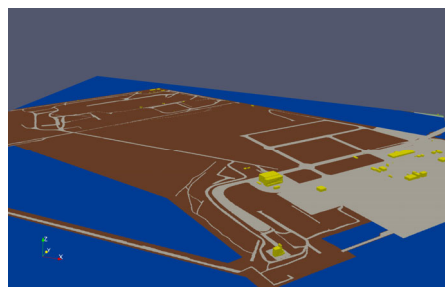
就業者数

イベント会場や建設現場等での熱中症リスクを評価

■ 気象データや観測データを同化した微気象シミュレーションの自動実行・配信

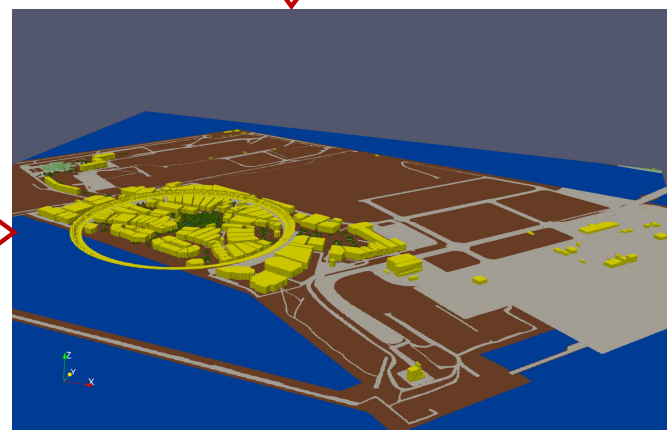


PLATEAUから都市モデルを自動生成



現地での工事の進捗に伴い、ドローン写真などに基づき、適宜、構造物モデルを追加・更新

モデルに統合



モデルに統合



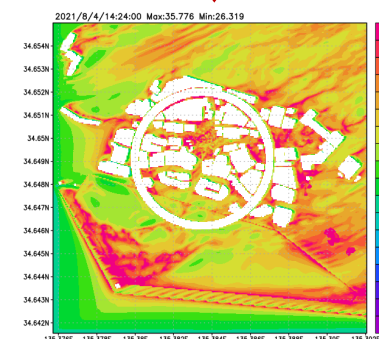
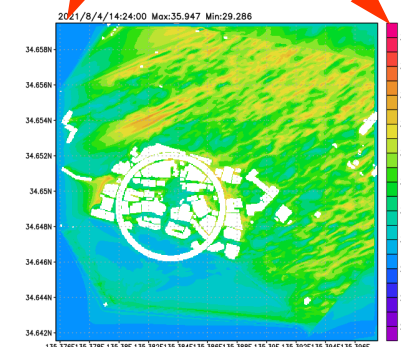
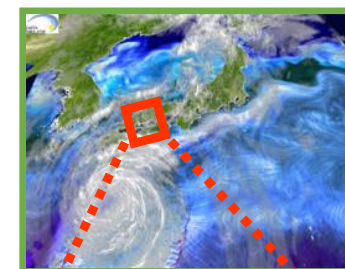
観測点の設置
観測記録の配信

観測値の反映（データ同化）

解析結果の自動配信

広域の
気象条件

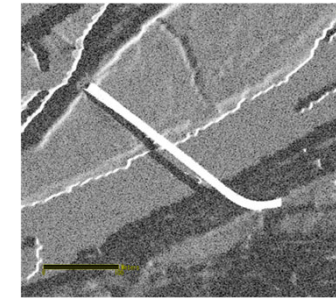
MSSG (Multi-Scale
Simulator for the
Geoenvironment) による
微気象シミュレーション



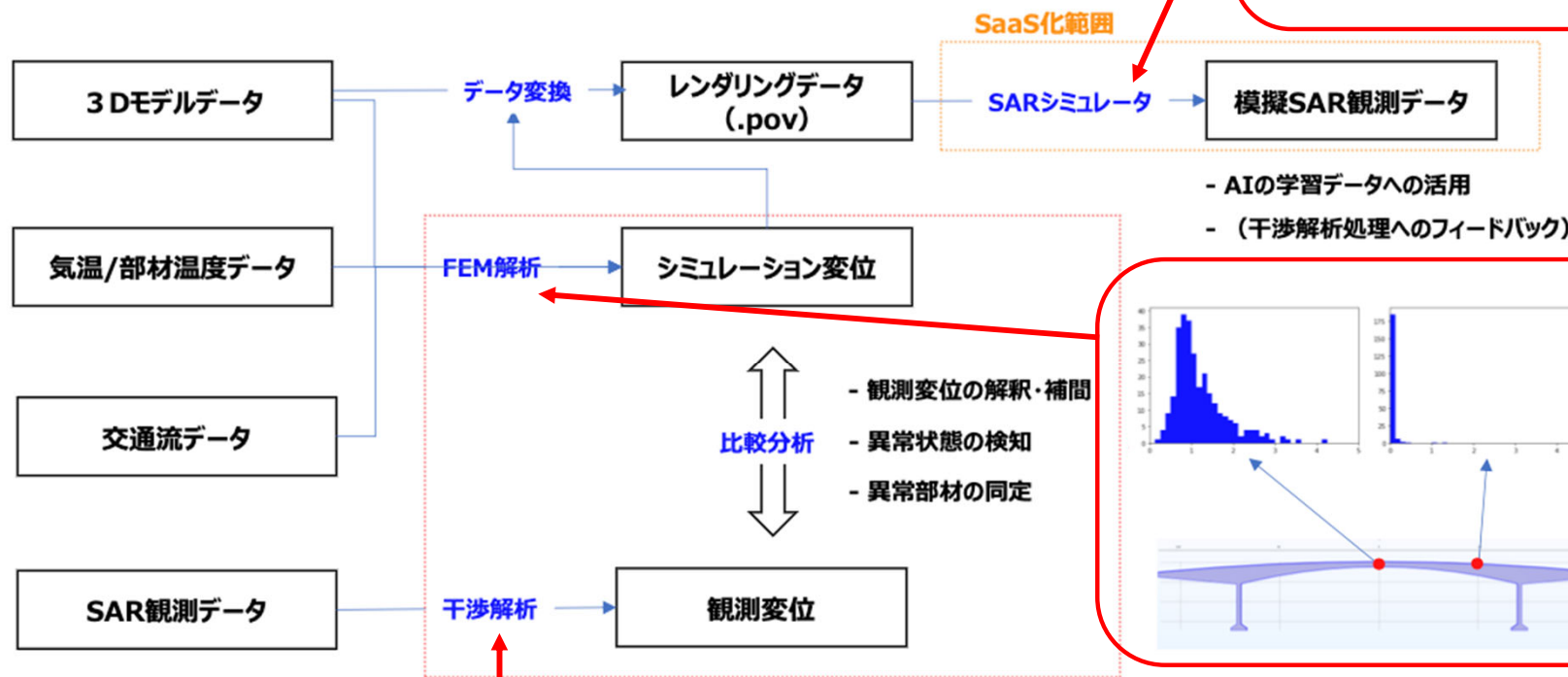
暑さ指数の評価

衛星画像処理と3Dモデル解析を連携させたインフラの状態推定

- DTによる構造解析に基づく結果と衛星画像解析の統合
- DTを用いて生成した仮想的な衛星画像を教師データとしてAIの衛星画像処理を高度化
- 衛星画像から工学的に有用な情報を抽出

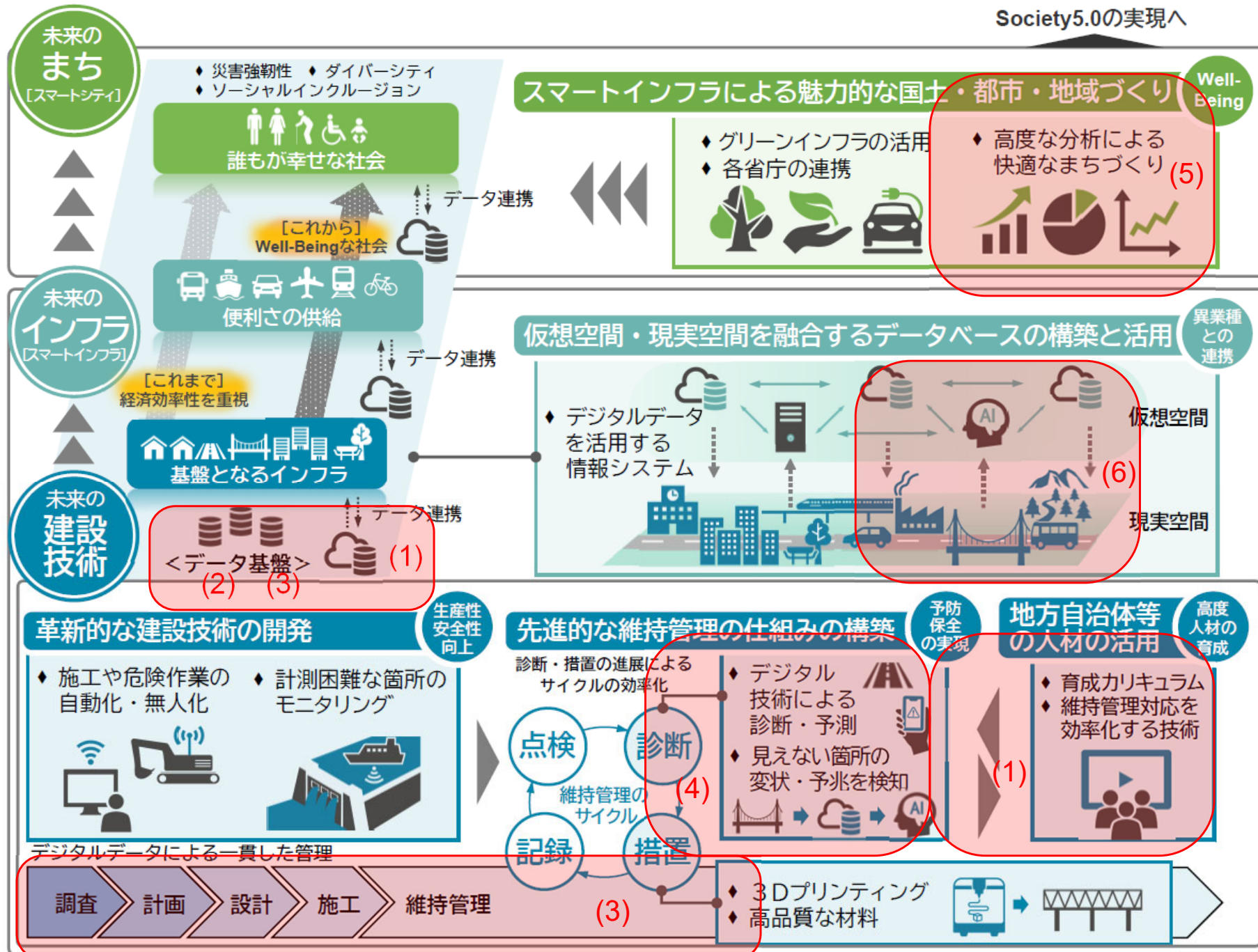


3Dモデルを用いて生成した模擬強度画像



NECさん（サブ課題D）で実施

Society5.0の実現へ



研究開発実現による効果と その道筋（社会実装戦略）

項目	要素
提供財	都市のインフラ群のマネジメントに利用できる cost effective なインフラのデジタルツイン基盤。 (0) 国内サーバDIAS上に実装されるDT基盤 (1) 多様なデータからの3Dモデル生成プログラム（DPP, ほか） (2) インフラに関する多様なデータをデータ構造とともに管理するデータベース (3) 各種シミュレーションのSaaS提供（RC構造物のライフスパンシミュレーション等）
想定ユーザー	・ 国・高速道路会社・自治体等のインフラ管理者 / 建設コンサルタント
ユーザーに提供する利便性・価値	低コストな解析モデル生成と（SaaSでの）高度な解析技術の提供 （SaaSの例：RC構造物のライフスパンシミュレーション） ・ RC橋梁の補修設計業務等を実施する際に、高度なライフスパンシミュレーションを簡易かつ低コストに実施可能（作業時間の90%削減）
社会実装（普及等）までに必要な要素	・ 提供する技術に対する自治体等のニーズの精査 ・ 基盤上のデータ流通や持続的な運営を実現するための国の基盤（国交DPF等）との連携 ・ 要素技術群の開発と連携・接続の実現 （例：データ収集, 解析モデル生成, 解析の実施, 結果の提供等） ・ DT基盤（SaaSも含む）の持続的な運営モデルの確立 ・ SaaSの実業務導入を想定した標準仕様書等の改善, ガイドライン等の整備

項目	要素
社会実装する者	基盤の社会実装, 持続的運営に向けた取組 - 国交省技術調査課, AIGID等と国交DPFとの連携に向けた協議・調整 個別技術の実装・サービス化に向けた取組 - 各技術の開発担当者
具体の実施計画	関係者： - 国・高速道路会社・自治体等のインフラ管理者、建設コンサルタント マイルストーン（技術開発）： 2025：防災シミュレーション, RC構造物のライフスパンシミュレーションの基盤を介したSaaS提供環境の実現. - 自治体等インフラ管理者における試行利用, 活用可能性検討 2027：他のシミュレーションも併せたSaaS提供環境の実現. - 各種シミュレーションのSaaS提供の, 自治体等インフラ管理者における利用に向けた道筋を立てる. - 先行的な利用者として想定される都道府県, 政令市等における活用を目指す. マイルストーン（ルール・規制検討・事業）： 2024：実際のユーザー候補（建設コンサルタント等）と, 各技術のユーザー視点での評価を実施し有効なユースケースを特定. 2025：国交DPFとの連携に向けた国交省との調整・方針の合意. 2027：デジタルツイン基盤の持続的な提供に向けた運営体制の構築, 必要な制度設計・マニュアル整備等の実施.