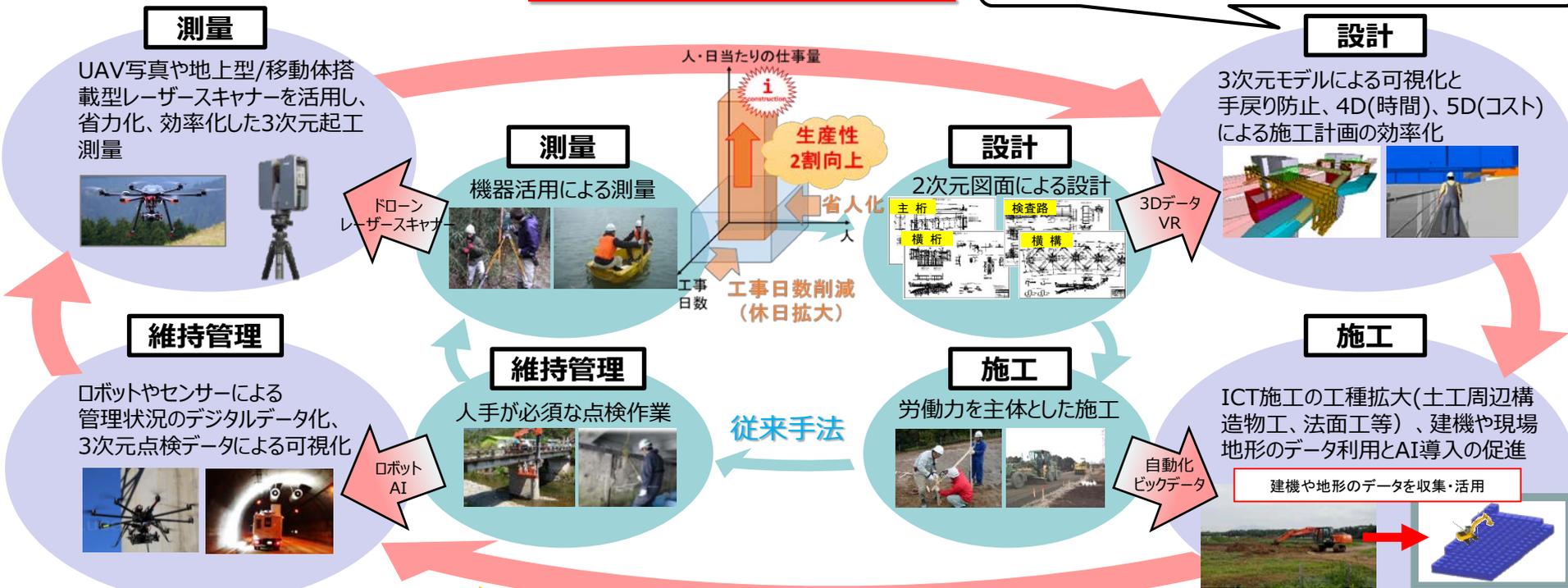


ICT活用による生産性向上の取組

社会資本マネジメント研究センター
清水 晃

i-Construction

設計や施工計画の検討などをより効率的に行うために必要となる3次元モデルの作成・活用方法に関する研究



国際標準化の動きと連携

建設プロセス全体を3次元データで繋ぐ

インフラデータプラットフォーム

- インフラに関する各種データを共通中間データ(CMD)に変換し様々な分野に活用
- インフラデータ及びCMD作成要領をオープン化することで、民間の研究開発投資を促進

施工高度化モデル (工事レベル)

アセットマネジメントモデル (施設レベル)

防災・減災モデル (都市レベル)

建機やセンサからの情報を収集・解析し、施工を高度化

点検情報や気象情報等を連携し、アセットマネジメントを効率化

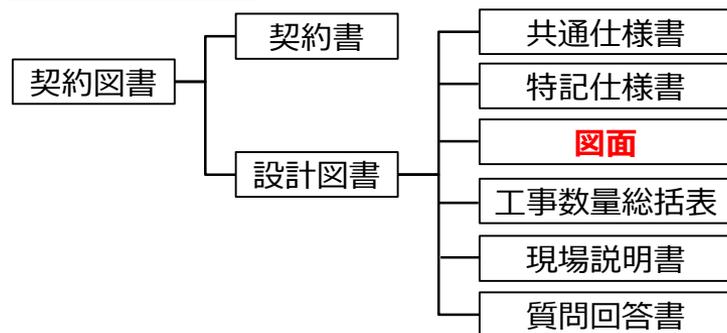
都市レベルの解析モデルにより、災害対策の検討に活用

- 多様な現場の建設生産プロセスをデータで繋げるため、ICT活用工事の適応工種拡大に向けた研究
- 民間での施工計画支援AI等の開発を促進するため、学習用データとして収集する「工程進捗履歴データ」の標準化に向けた研究

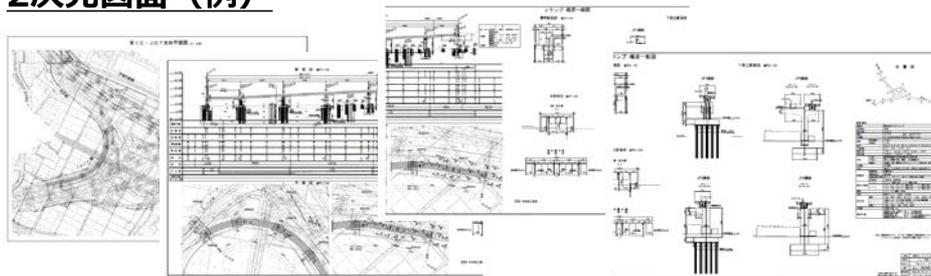
H30検討

- BIM/CIMモデルを設計図書とする際の契約書・仕様書などの改定内容の検討
- 著作権の整理、瑕疵責任の整理
- 電子入札・契約システムでの試行を想定した試行要領（案）の作成

契約図書の体系

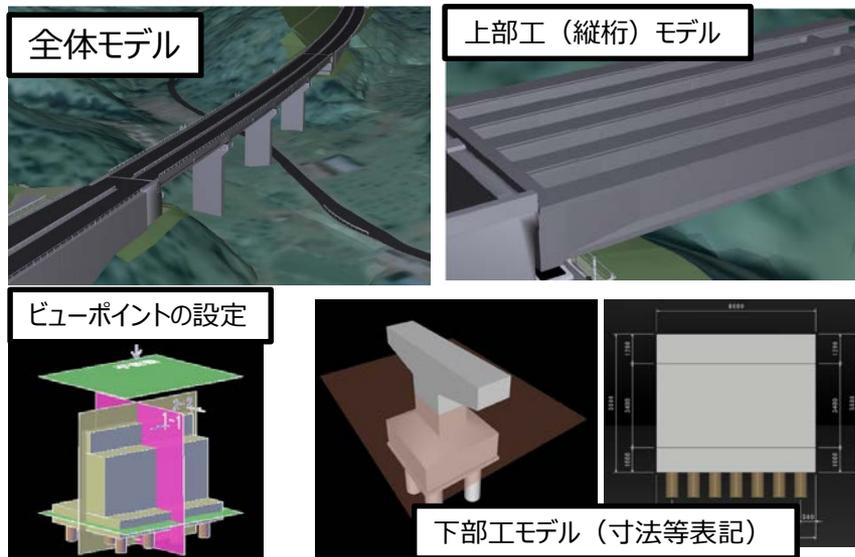


2次元図面（例）



3DAモデル（例）

【3D-PDF等を活用】



従前の2次元図面での発注

- 契約図書：2次元図面(PDF)
「2次元CADデータ(SXF)を編集」

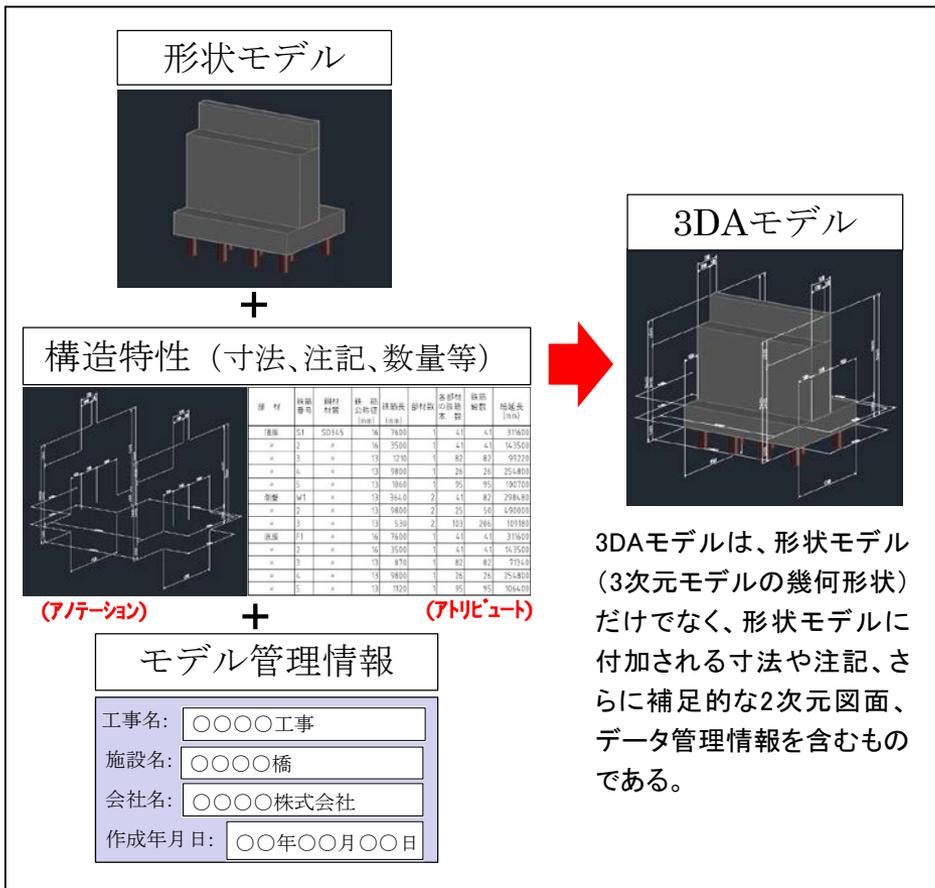


BIM/CIMモデルを活用した発注

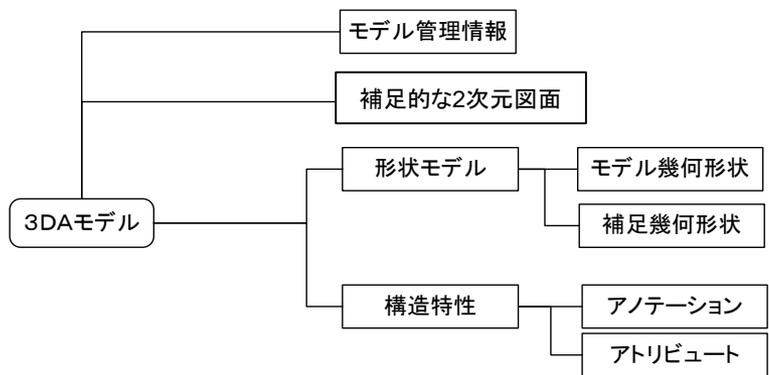
- 契約図書：3DAモデル(PDF等)（※）
「3DAモデル(IFC、オリジナル)を編集」

（※）現状のソフトウェアでは表現困難な図面（例；位置図、曲線橋の側面図、等）は、従来の2次元図面を補助的に活用可能

◆ 3DAモデル：3次元CADを用いて作成した3次元形状を表す形状モデルに、構造特性（寸法、数量等）、モデル管理情報を加えて作成したデジタル情報



3DAモデルは、形状モデル（3次元モデルの幾何形状）だけでなく、形状モデルに付加される寸法や注記、さらに補足的な2次元図面、データ管理情報を含むものである。



3DAモデルの構成

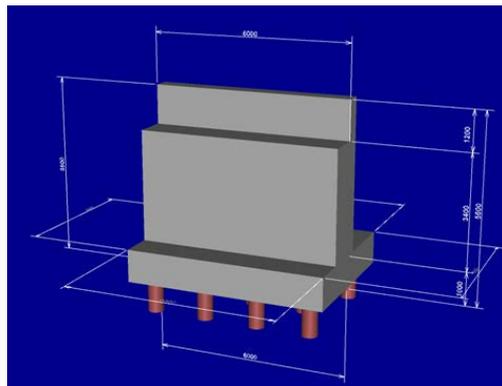
3DAモデルの定義に必要な情報

分類		構造物を定義するために必要な情報
1.形状モデル	モデル幾何形状	・3次元形状 ・座標系
	補足幾何形状	・範囲 ・方向性を示す線又は面
2.モデル管理情報		・モデル名 ・業務名/工事名 ・施設名 ・作成年月日・会社名 ・事業者名 ・ライフサイクル・変更履歴・適用要領基準 ・座標系 ・3DA平面図一覧 ・2次元図面一覧・その他
3.構造特性	アノテーション	・寸法 ・座標位置 ・設計条件 ・強度 ・材質
	アトリビュート	・参照規格 ・注記、補足説明
4.2次元図面		※必要に応じて情報を2次元図面に表示。 ・位置図、応力図等

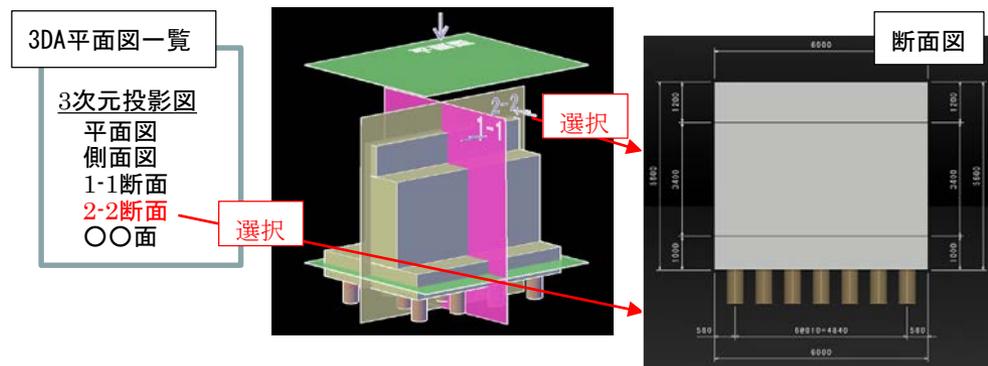
構造特性 アノテーション:形状モデルに関連付けて表示寸法、注記等。
アトリビュート:形状モデルに関連付けて、通常は表示しないが、照会することで表示できる情報(数量表、材料表など)

■ 3DAモデルの表示

- 3DAモデルは、以下の3種類の表示方法を想定
 - 3次元投影図：視点を自由に設定した3次元モデルの表示
 - 3DA平面図：モデル空間内に投影面を設定して、投影図または断面図として表示
 - 2次元図面：従来のCAD製図基準に基づく2次元図面の表示 **(補助的に活用)**



3次元投影図



3D平面位置図と3DA平面図(切り出し断面)の概念図

3DA平面図(切り出し断面)の作成

- ◆ CAD製図基準で規定されている図面の位置で作成
- ◆ 切り出し位置は、3次元投影したモデル空間上の位置図を作成して管理
- ◆ 3DAモデルからの図面の切り出しを標準とし、**ソフトウェアの機能限界から、切り出しができない図面(例えば、位置図、道路設計の縦断面図、曲線橋の側面図等)は、補助的に2次元図面を利用**

パラメトリックオブジェクトを用いた製図

過去

図面は線で描くもの。

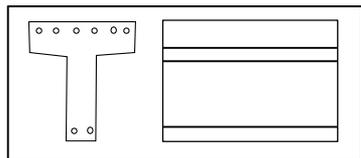
現在

将来

図面は寸法値を入力するもの。

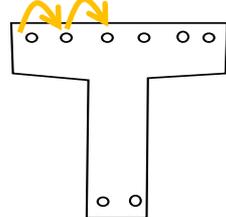
図面はすべて手書き：

- ・ 線 1 本、鉄筋の円 1 つずつ記入
- ・ 修正時は、消しゴムで消して...



▶ CADソフト登場：

- ・ コピー機能が使える。
- ・ 修正も楽になった。

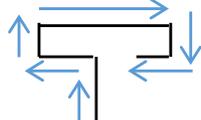


▶ 3次元CAD登場：

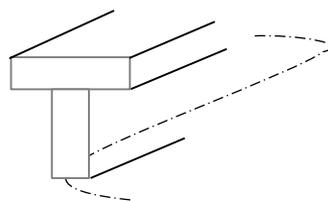
- ・ 立体表現が可能になった



断面を描いて、

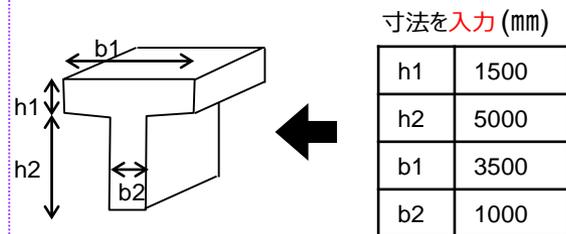


立体方向に押し出す。

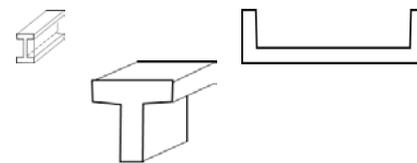


- ・ 変更があれば、基本、断面から書き直し。

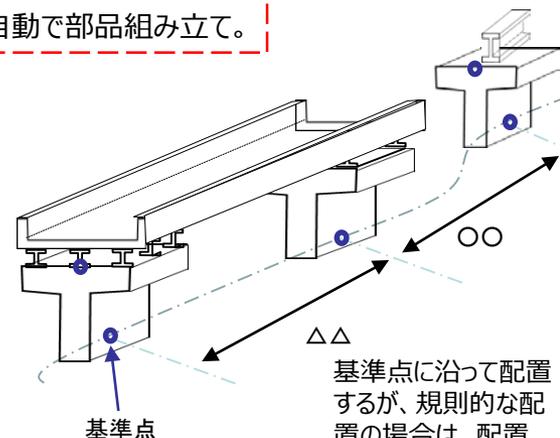
▶ パラメトリックオブジェクトの開発。
パラメトリックに寸法設定。



- ・ 寸法値を入力し各部品を用意。
- ・ CAD的な操作は、基準点に3Dモデル空間上で部品を配置するのみ。



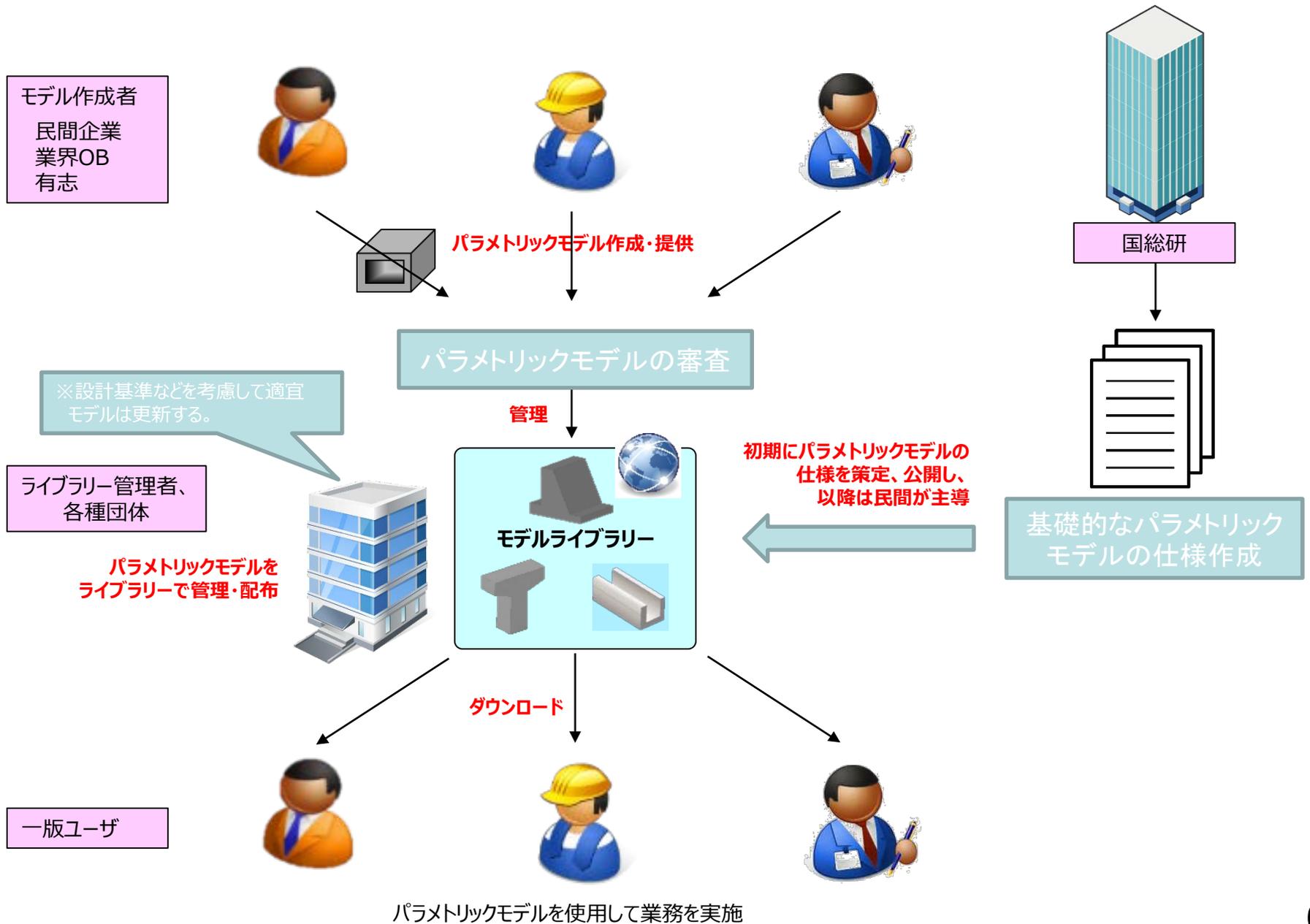
半自動で部品組み立て。



基準点に沿って配置するが、規則的な配置の場合は、配置間隔もパラメータ化したい。

※パラメトリック：寸法情報、接続情報などの諸条件を変更することで、形状を変えることができる仕様のこと

パラメトリックモデルの活用方法



4次元モデルを用いた施工計画シミュレーション

適切な工期設定は、工期内に適切な進捗で、十分な品質・精度のもとに施工されるためのものであり、無駄、無理のない施工計画が生産性向上に寄与する。

従来の工程図表等では、全体の大まかな施工手順は確認できるが、施工に影響するようリスクが確認できないために、計画通りに作業ができるかが不明。工期設定の精度向上の課題となっている。

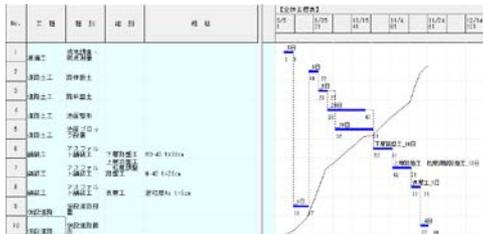
4次元モデルによる施工計画シミュレーションを開発することで、設計段階から施工条件もふまえた可視化による確認が行える。

経験・想像の世界

H30予定

見えるが当たり前

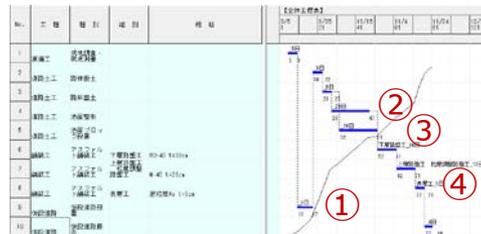
バーチャルだけの経験の世界



施工手順や工法の適切さ等、現場の空間的な施工リスクはバーチャルだけでは把握困難



4次元モデルによる施工計画シミュレーション



施工ステップの可視化
現況

①仮設

②法面整形

③法面ブロック設置

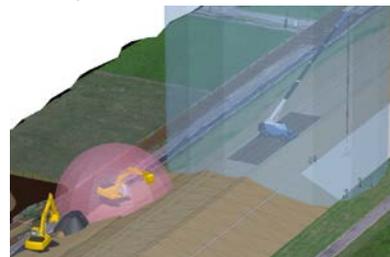
④舗装

完成



工程計画の情報を3次元モデルに属性情報として付与

施工上のリスク(作業スペースの不足、近接施工の影響等)を視覚化



「法面整形と法面ブロック配置の同時施工」を検討



「法面ブロック配置施工の仮設道路設置」を検討



施工データの3D・4D化による生産性の向上

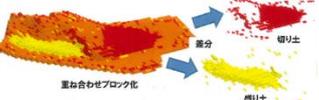
背景・現状・課題

ドローン等による3次元測量



3次元測量データによる設計・施工計画

3次元測量データ(現況地形)と設計図面との差分から、施工量(切り土、盛り土量)を自動算出。



ICT建設機械による施工

3次元設計データ等により、ICT建設機械を自動制御し、建設現場のIoTを実施。

3次元設計データ等を通信

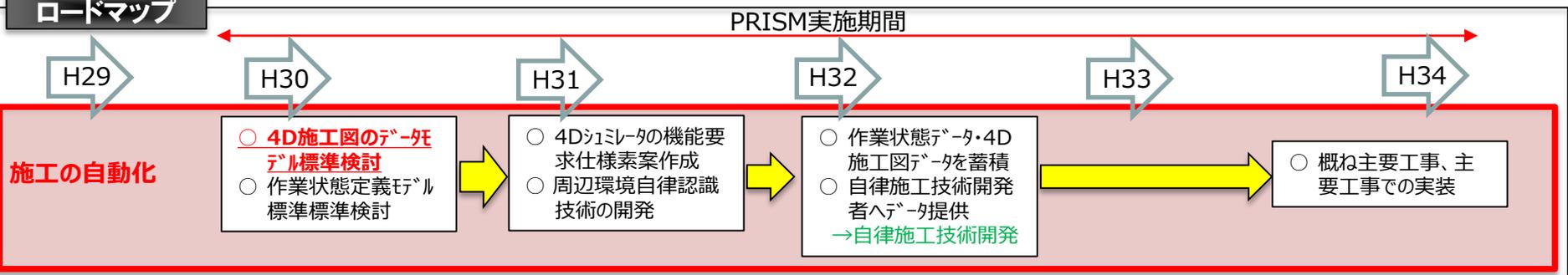


IoT・AI実装による作業内容・作業時間の定量化



◆ 測量技術や建機のIoT化が進み、現場での「作業」改善はおきつつあるが、人間の「判断」を支援するサービス、例えば、現場状況をリアルタイムで取得した施工段取り組み替え検討や、過去の施工履歴データを活用して施工計画AI等の開発に向けた学習用データ蓄積するための「施工現場データモデル標準」がない。

ロードマップ



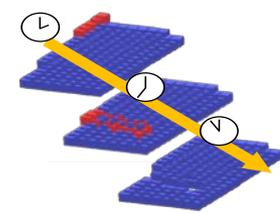
<実現を目指す将来像将来像>

- 施工データの3D・4D化対象工種の拡大
- 標準化されたデータの提供
- 現場実装の加速
- 現場実装結果を踏まえた取組の改善

①バーチャルでの施工指示(人の意図の伝達)



②AI建機を群制御する施工マネジメント



③AI搭載建機による自律施工(無人現場の実現)



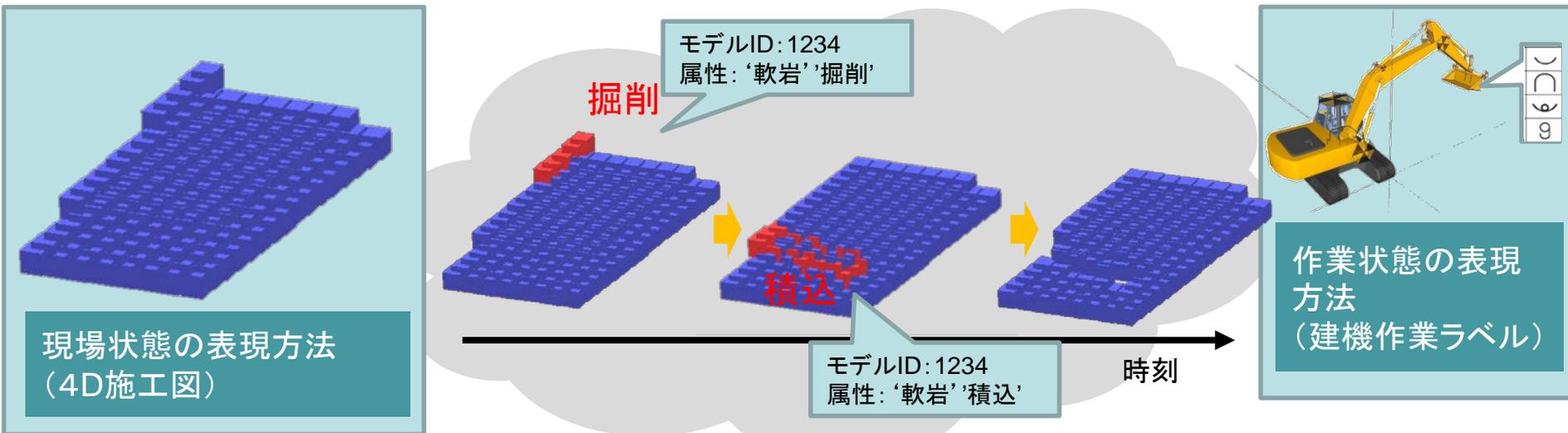
イメージイラスト: 鹿島建設(株) A4CSEL

出口戦略

- ◆ クラウドコンピューティングの導入による3D・4Dの施工データを活用等により現場施工の自動化・合理化し、建設現場の労働生産性を2割向上させる。
- ◆ 国土交通省の施策がトップランナーとなり、他省庁の類似の工事の生産性向上にも寄与する。
- ◆ 国の工事から、地方自治体工事、民間工事へと展開させるため、地方の中小建設会社でも実装可能な技術開発にも力点を置く。

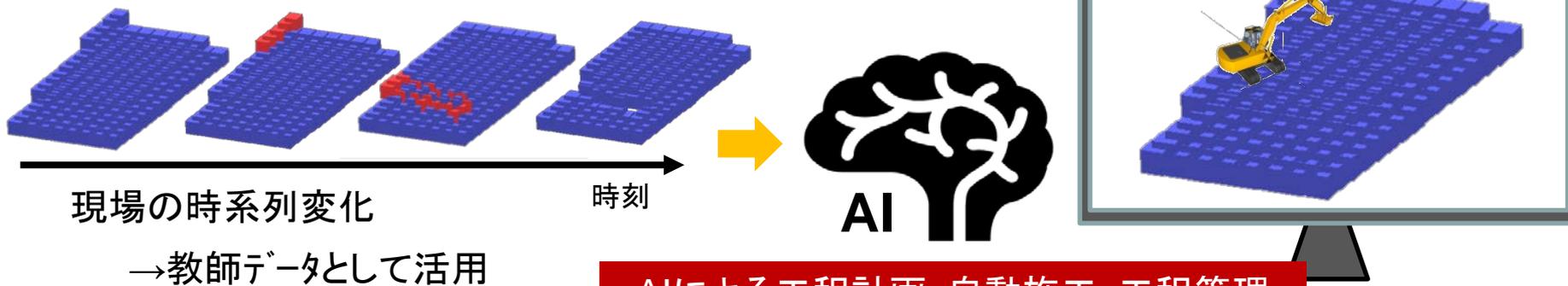
【産官が連携してモデル標準等環境整備を行い、民が主体的開発・活用を実施】

実際の工事で作業状態を収集・分析し、バーチャルな施工モデル空間（施工現場デジタルツイン）上で再現可能に



地形の時空間モデル・作業状態のモデル手法の確立

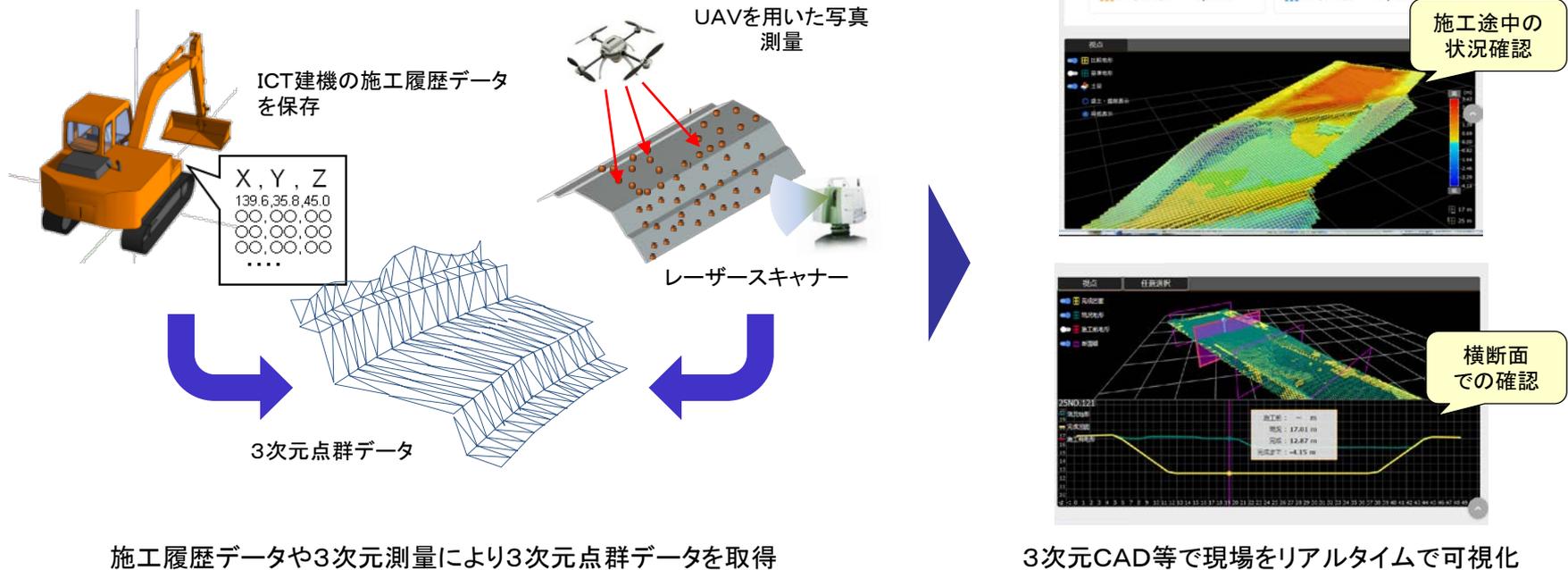
実際の工事現場の時系列変化を収集し、施工計画作成の教師データに



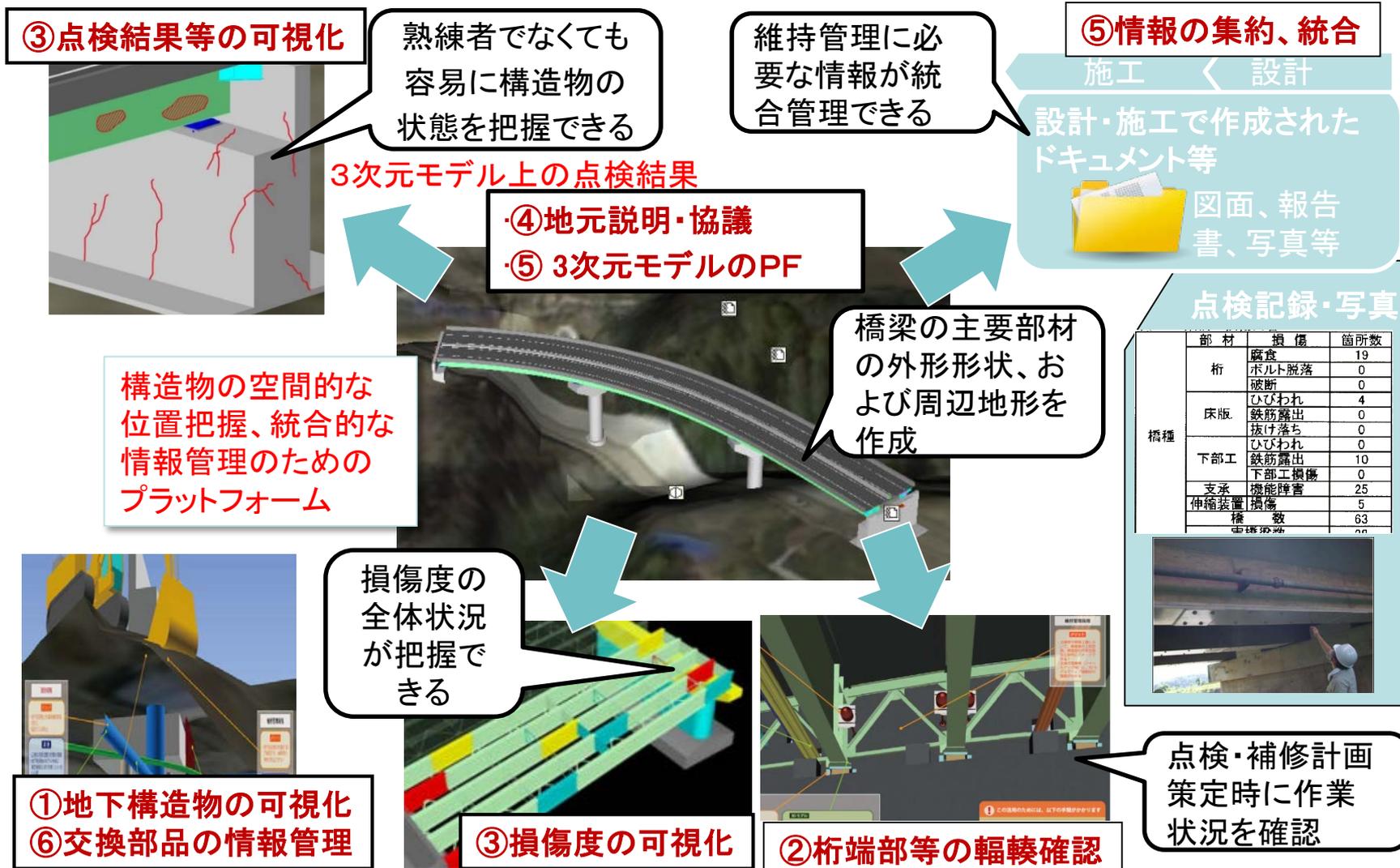
ICT活用工事の工種拡大等に関する調査

多点観測技術

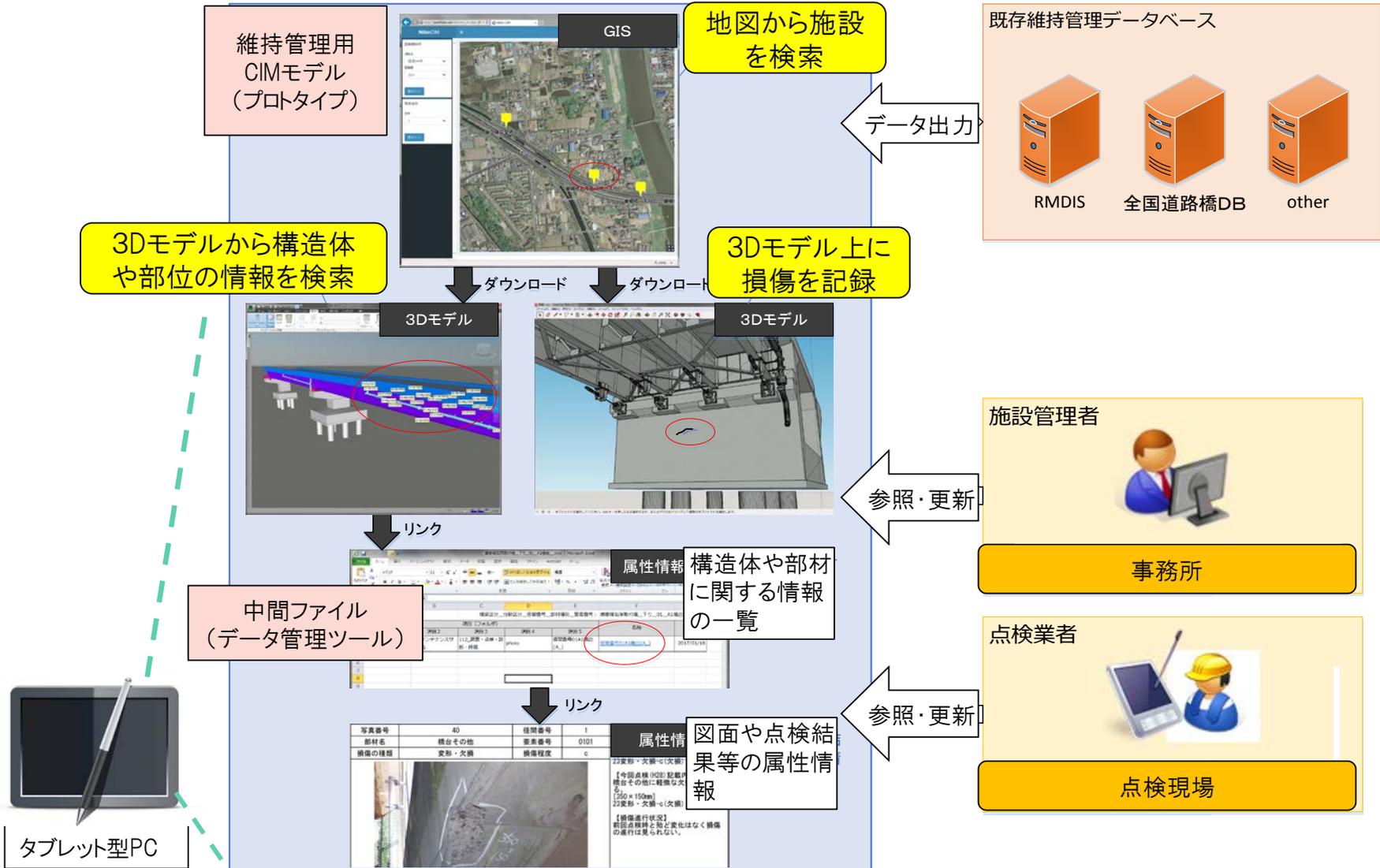
レーザースキャナー、UAVを用いた写真測量、ICT建機の施工履歴データ等により、工事現場全体の表面形状を面的にかつ迅速に定量化できる技術



ICT活用工事において、施工管理・出来形管理へ活用



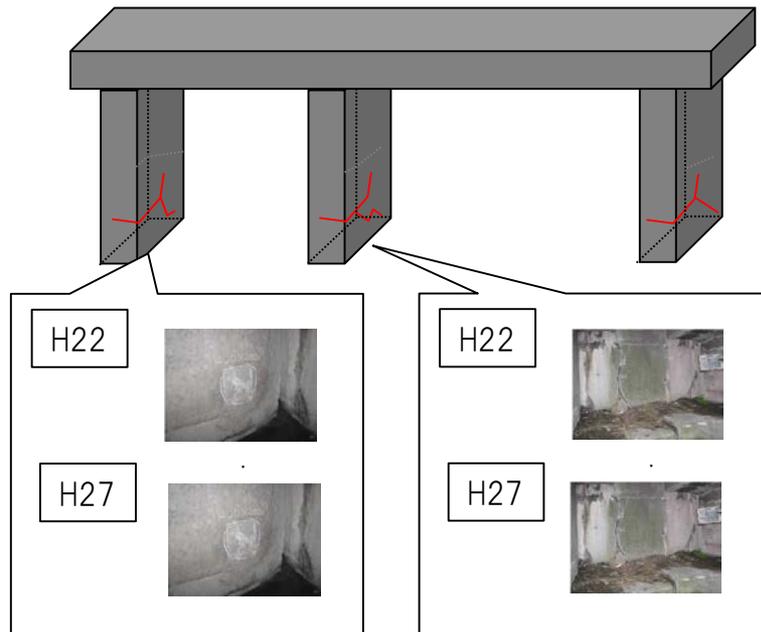
3次元GISの地図に**橋梁の位置**を表示。GISから維持管理用の**3次元モデル**を呼出し、点検**情報の確認**、ひび割れなどの**スケッチ記入**、**点検結果の登録**を可能とするシステムを構築



【目的】資料を一元管理することで、資料の検索性を向上

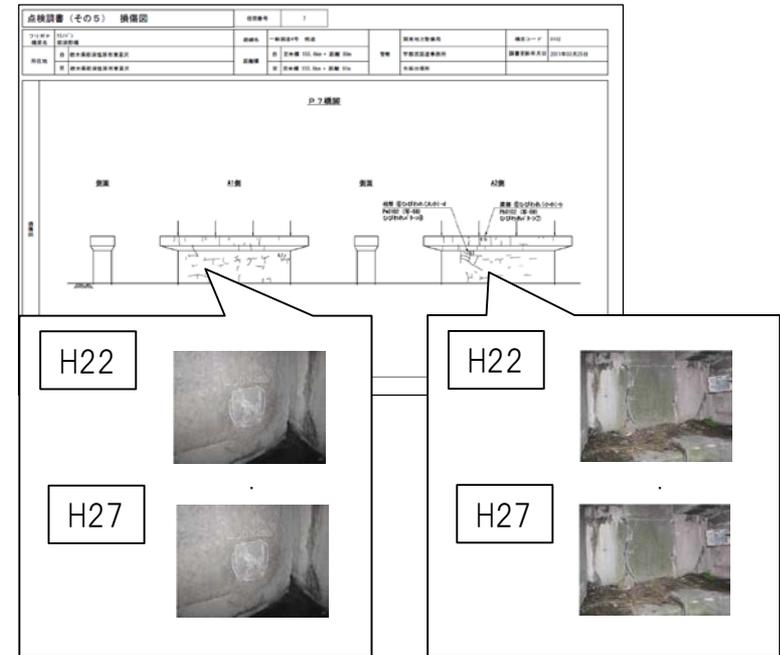
図面や写真、年ごとの記録をCIMモデル上で一元管理し、資料の検索性を向上

3次元モデルの場合



- 損傷における各診断年度の損傷写真の表示が容易
- 確認したい損傷の位置および資料をモデルから簡単に表示可能

2次元モデルの場合



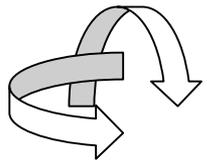
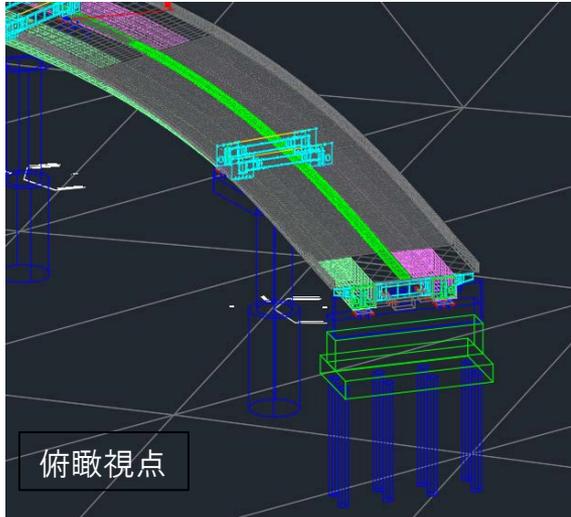
- 情報の一元管理には3次元モデルは必要ないが、2次元図面での管理に比べ、損傷の位置関係の把握が容易

過去の点検調書を探すのに、膨大な時間が必要だった。情報が一元管理されると情報の収集に係る時間の大幅な短縮が期待される。

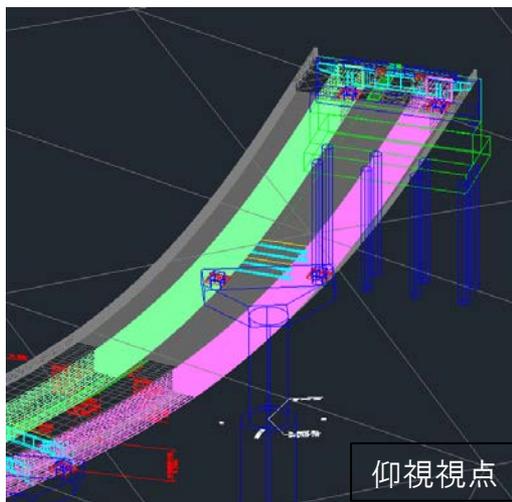
資料の検索性を向上

【目的】診断会議等の場で、点検した受注者と発注者間での構造物全体の損傷状態の把握を支援

任意の方向から構造物を確認できるため、3次元的に損傷を記録することで、2次元図面では発見困難な損傷要因の抽出を支援

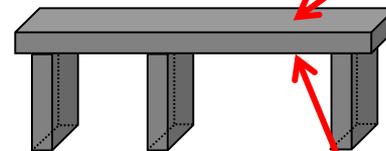


3次元回転



損傷と要因の位置関係の把握が容易になり、原因分析時に有用。活用事例として以下の2点が挙げられる。

- ・上部工・下部工の排水場所の位置関係の共有
- ・水漏れ、床板の損傷と路面の損傷の関係性の把握（床板抜落ちの可能性有り）



床版の損傷は路面の損傷の影響を受けていると推定可能

なるほど！

合意形成を支援



インフラ・データプラットフォームの構築

背景・現状

- ◆ i-Constructionの推進等により、インフラデータの電子化を進めている
- ◆ しかし、インフラに関する各種データを変換して活用できる仕組みがない

課題と目標

- ◆ インフラに関する各種データについて、共通中間データ(CMD)を介して1つの解析モデルを作成するためのプログラムを整備
- ◆ CMD構築の前提となる解析モデルについて、3分野(施工高度化、アセットマネジメント、防災・減災)で作成
- ◆ インフラデータ及びCMD作成要領をオープンデータ化することにより、民間の研究開発投資を誘発
- ◆ 「バーチャル・ジャパン」構築のための基盤を構築

施策の概要

