

# 1. インフラ DX 推進のための社会基盤システムの変革

小澤 一雅

東京大学大学院工学系研究科 特任教授

# 「インフラDX推進のための 社会基盤システムの変革」

2023年11月16日

東京大学大学院工学系研究科  
特任教授 小澤一雅

# 本日の内容

- (1) 建設産業の生産性
- (2) 建設DXによる生産性向上 (i-Construction)
- (3) インフラ分野のDXを推進するための  
社会基盤システムの変革

# 生産性について

1. 生産性 = アウトプット/インプット（業務効率化はインプットを減らすこと）

2. 生産性向上の目的 ①人材不足対応、②競争力強化、③労働環境改善

3. 生産性の指標

(1) 労働生産性 = 生産量(又は生産額) / 従業員数(又は従業員数 × 労働時間)

(2) 資本生産性 = 生産量(又は生産額) / 有形固定資産

(3) 全要素生産性 = 生産量 / 全生産要素投入量

(4) 付加価値生産性 = 付加価値 / 従業員数(又は従業員数 × 労働時間)

4. 生産性向上の手順(一般)

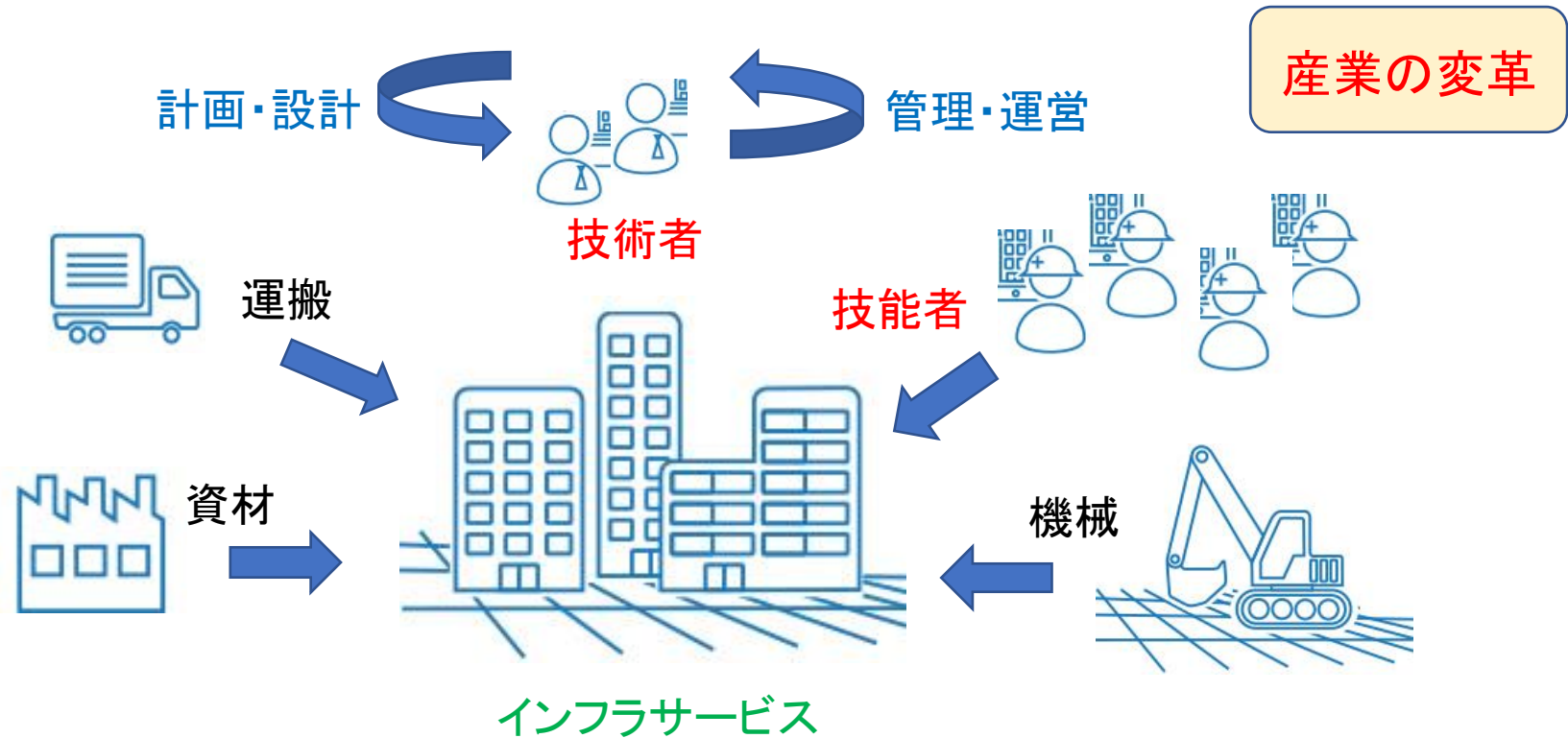
①業務内容・生産性の「見える化」、②生産性が低い業務の洗い出し

③業務フローの見直し、④適切な人員配置、

⑤ITツール・システムの導入の検討 など

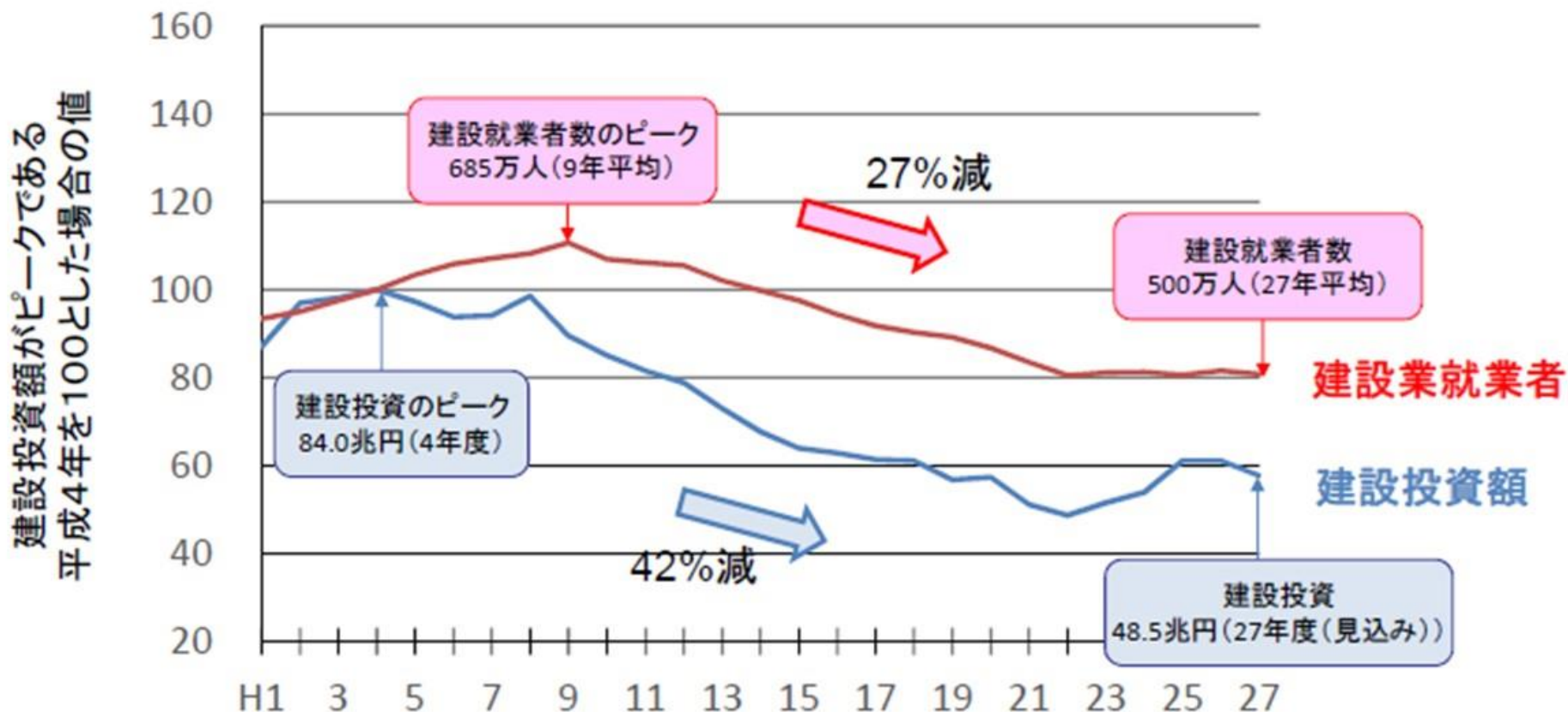
# 建設産業における生産性

- (1) 人手不足; 技能者 (Blue Collar) と技術者 (White Collar)
- (2) 競争力強化; 雇用の受け皿としての産業からの変革
- (3) 労働環境; 36協定適用除外から働き方改革の適用 (2024年問題)



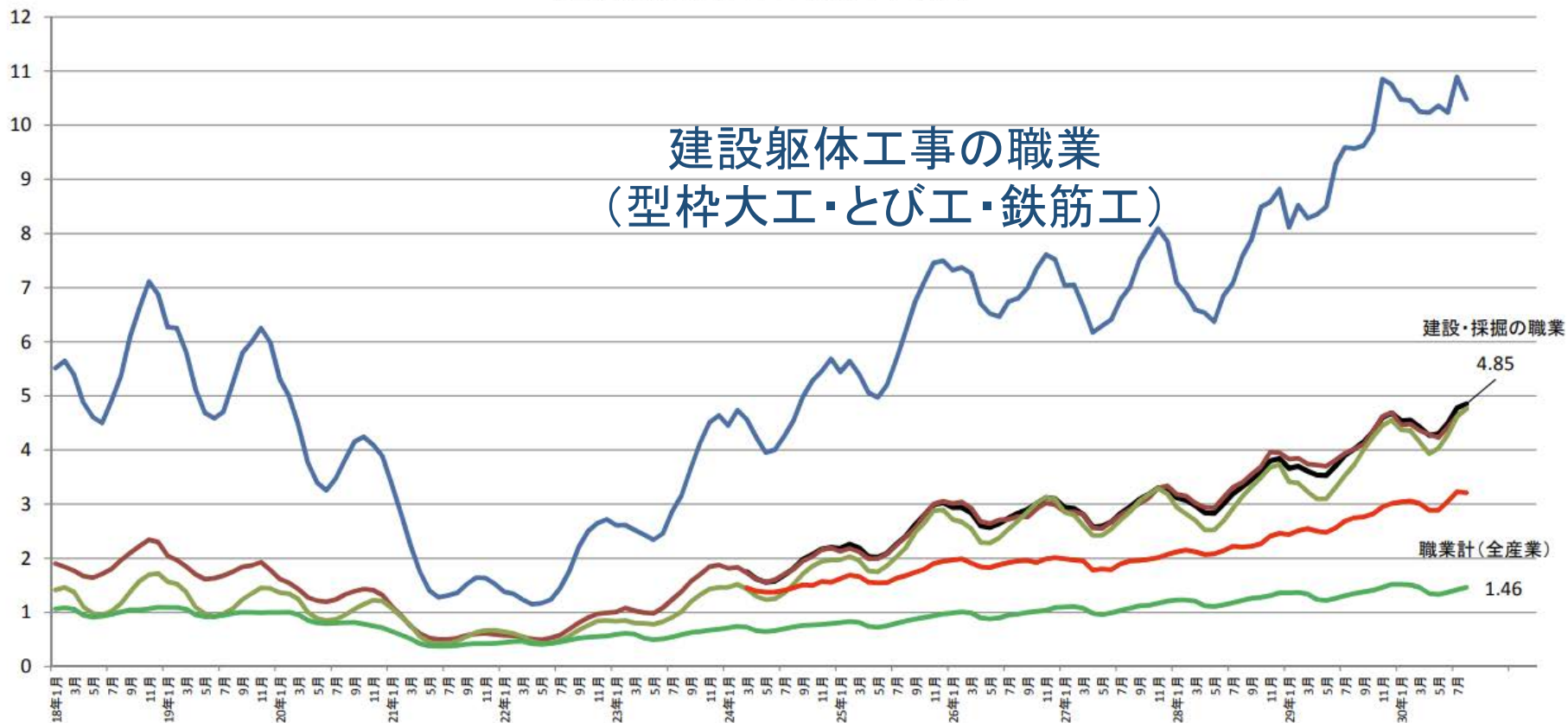
# 労働力過剰を背景とした生産性の低迷

○バブル崩壊後の投資の減少局面では、建設投資が労働者の減少をさらに上回って、ほぼ一貫して労働力過剰となり、省力化につながる建設現場の生産性向上が見送られてきた。



## 建設技能労働者の有効求人倍率

建設躯体工事の職業  
(型枠大工・とび工・鉄筋工)



- 建設・採掘の職業※
- 建設躯体工事の職業
- 建設の職業
- 土木の職業
- 電気工事の職業
- 職業計(全産業)

- ※建設・採掘の職業の内訳
- ・建設躯体工事の職業(型枠大工・とび工・鉄筋工)
  - ・建設の職業(大工・左官・配管工・内装工等)
  - ・土木の職業(土木作業員等)
  - ・電気工事の職業
  - ・採掘の職業

出典：一般職業紹介状況  
(厚生労働省)

## 》 労働生産性の推移

### 付加価値労働生産性



(注) 労働生産性＝実質粗付加価値額（2015年価格）／（就業者数×年間総労働時間数）

資料出所：内閣府「国民経済計算」、総務省「労働力調査」、厚生労働省「毎月勤労統計調査」

1990年代後半から製造業の生産性がほぼ一貫して上昇したのとは対照的に、建設業の生産性は大幅に低下した。これは主として、建設生産の特殊性（単品受注生産等）と工事単価の下落等によるものと考えられる。近年は2012年を底に上昇傾向にある。

### 労働生産性（日建連設定）

（2006年度を100とした指数）



資料出所：日建連「生産性向上推進要綱フォローアップ報告書」

（注）全産業は付加価値労働生産性

日建連では、一般的に用いられる付加価値労働生産性で現場レベルの生産性を測定することは困難であることから、独自の指標（完成工事高（円）／人工（人日））を用いて会員企業の生産性を測定した。

2006年度を100とした指数でみると2011年度以降上昇が続いており、2016年度からは大幅な上昇となっている。



# 生産性向上の絶好のチャンス

○トンネルなどは、約50年間で生産性を最大10倍に向上。  
 一方、土工やコンクリート工などは、改善の余地が残っている。  
 (土工とコンクリート工で直轄工事の全技能労働者の約4割が占める)

## ■ トンネル工事



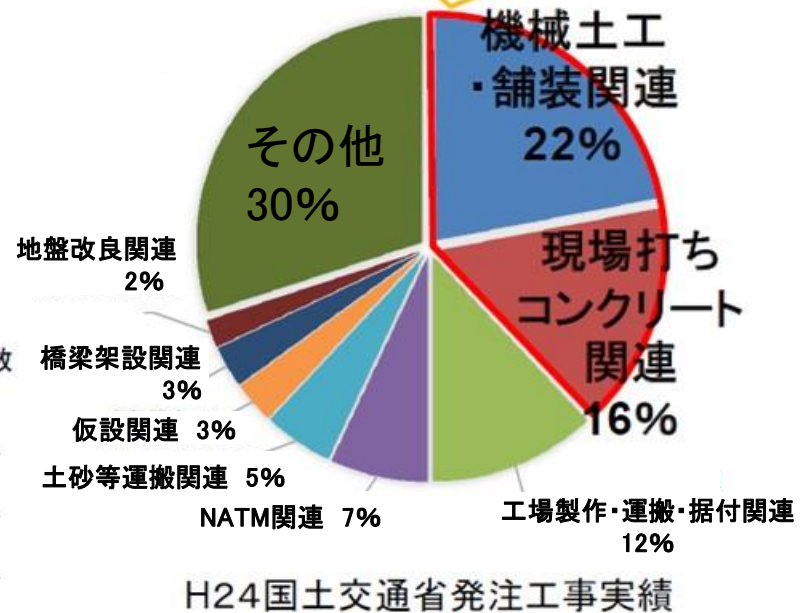
## ■ 土工



## ■ コンクリート工

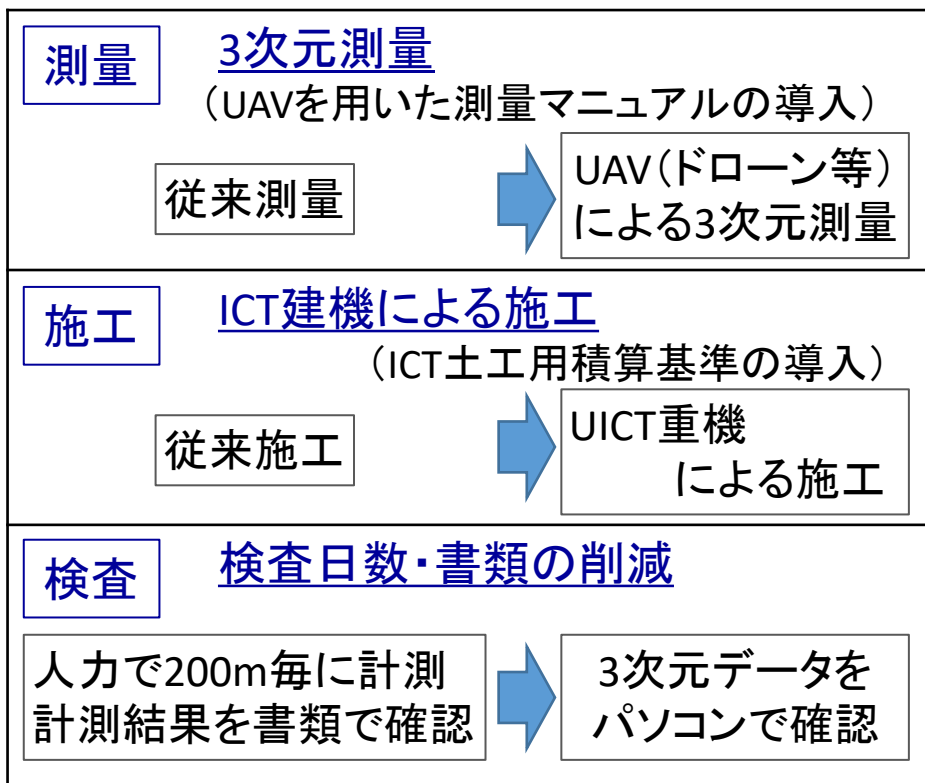


「機械土工・舗装関連」及び  
 「現場打ちコンクリート関連」  
 で全体の約40%

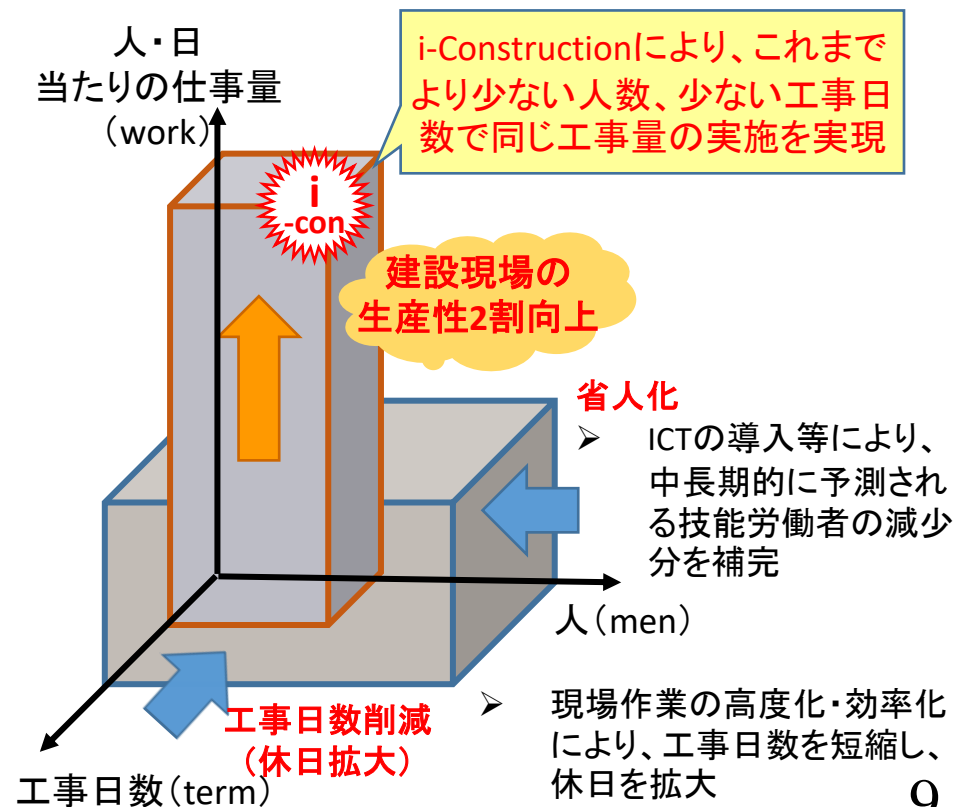


# i-Construction ～建設現場の生産性革命～ (2016年)

- 建設業は社会資本の整備の担い手であると同時に、社会の安全・安心の確保を担う。我が国の国土保全上必要不可欠な「地域の守り手」。
- 人口減少や高齢化が進む中であっても、これらの役割を果たすため、建設業の賃金水準の向上や休日の拡大等による働き方改革とともに、生産性向上が必要不可欠。
- 国土交通省では、調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までの全ての建設生産プロセスでICT等を活用する「i-Construction」を推進し、建設現場の生産性を、2025年度までに2割向上を目指す。



## 【生産性向上イメージ】



# i-Construction システム学寄付講座

(2018年10月設置、<http://www.i-con.t.u-tokyo.ac.jp>)

## i-Construction Professional 育成システム

**Spec. Management System**

フロントローディング

**Digital Construction System**

生産性・安全性・環境性向上

**Supply chain Management System**

ブロックチェーン

**Information Management System** 情報の流通・利活用

測量・地質調査  
設計 施工

3Dデジタルモデル  
管理・運営

調査・計画

**Infrastructure Data Platform**

地形・地盤情報、環境情報、インフラストックデータ 等

**Institutional Management System** 制度インフラの再構築

**現実空間**

建設生産システムの変革；生産性10倍向上、誰もが働きやすい現場を目指す  
(新構造形式・3次元プリンタ・自動施工・e市場・新物流システム・・・)

# 寄付講座の運営方針

## i-Construction システム学寄付講座

- 1) 産業全体の協調領域・標準システムの開発
- 2) 学問体系の構築と教育システム
- 3) 制度設計に対する政策提言
- 4) 開発したシステムの社会実装 等

運営委員会において、全体計画を判断

## 寄付団体

日本建設業連合会  
建設コンサルタント協会  
全国地質調査業協会連合会  
全国測量設計業協会連合会  
日本建設機械施工協会

社会基盤学専攻と精密工学専攻  
の共同運営

第Ⅰ期 2018.10.1～2021.9.30

第Ⅱ期 2021.10.1～2024.9.30

### セッションA; インフラデータプラットフォームの実装 (司会; 堀 宗朗)

- 1: 堀 宗朗: インフラデータ自動変換のためのData Processing Platformの開発と利用
- 2: 本田利器: インフラのデジタルツインのためのデータ基盤の構築
- 3: 亀田敏弘: インフラデータプラットフォームとマイクロサービスの連携について
- 4: 藤原圭哉: 3次元モデルを活用した河川管理支援システムの開発
- 5: 松下文哉: ブロックチェーンを活用した施工段階のデータシステム連携基盤の開発
- 6: 宮岡香苗: 施工段階における配筋情報の体系化
- 7: 山中哲志: データ・システム連携基盤を介した躯体の出来形管理/品質管理に関するデータ連携の検討

### セッションB; アプリケーション開発とソフトウェア工学(司会; 小澤一雅)

- 1: 全 邦釘: インフラメンテナンス実務にAIを活用するための技術研究開発
- 2: 飯島悠介: 道路管理のためのデータ駆動型マネジメントシステムの開発
- 3: 鈴木達郎: 地下占用における3次元データ管理システムの開発
- 4: 横山昂洋: ブロックチェーン技術を活用したアスファルト混合物の品質管理システムの開発
- 5: 澁谷宏樹: 施設管理者のためのIoTシステム企画支援ツール開発
- 6: 丸山涼介: 自治体職員のための下水道業務支援システムの開発検討
- 7: 矢本貴俊: 河川行政サービス向上に向けたDX推進の仕組みの検討

### セッションC; ロボティクスとセンシング処理 (司会; 永谷圭司)

- 1: 永谷圭司: ロボット技術を活用した土木施工の自動化と安全に関する研究開発
- 2: 堀田昌英: 自動協調施工: 建機間協調作業の成功をどう測るか
- 3: 谷島諒丞: 施工計画・管理システムと建設ロボットの間のインターフェイスに関する研究開発
- 4: 塩畑祐典・竹谷 勉: ICTを活用した施工管理の高度化技術の開発
- 5: 山下 淳: ロボット・センサ情報処理技術を用いた施工・安全管理
- 6: 藤田雄一: 建設現場でのワイヤーロープ点検システムの開発
- 7: ルイ笠原純ユネス: ロボット技術と音響データを用いた自動点検

# i-Constructionプロフェッショナルの育成

(例) i-Constructionシステム学特論(2019年度～)と特別演習(2021年度～)

ICT活用の仕組みの構築  
ICTを活用した新技術の創造



土木学会ICT教育特別委員会  
(蒔苗耕司委員長)  
(1) 大学等における教育  
(2) 実務者のリスキリング 等

実践スキルの獲得

基礎的知識の習得

## i-Constructionシステム学特論(シラバス例)

- (1) システムの最適化の基礎と検討例
- (2) システム開発の基礎とData Processing Platform (DPP)
- (3) IoT, 時空間情報の情報取得
- (4) BIMとデータ連携
- (5) ロボティクスと建設機械の移動制御
- (6) ロボティクスと建設機械の作業の自動化
- (7) 建設機械による作業のための測量・計測・センシング
- (8) 建設機械のためのセンシング技術
- (9) i-Constructionシステムと建設機械の将来展望



2021年6月23日発刊

i-Construction  
システム学  
特別演習

外周: 4m × 2m

仮囲い



盛土場

アクセススロープ

一般道

設定したモデル現場

交通信号

仮囲撤去可時は  
信号取り付け  
必須

25cm

撤去箇所は任意  
に設定可

使用する重機一覧



土取場



各チーム独自の施工計画に基づき、オープンソースのロボット用のソフトウェアプラットフォーム (ROS) を用いて、ICT建機制御用プログラムを作成

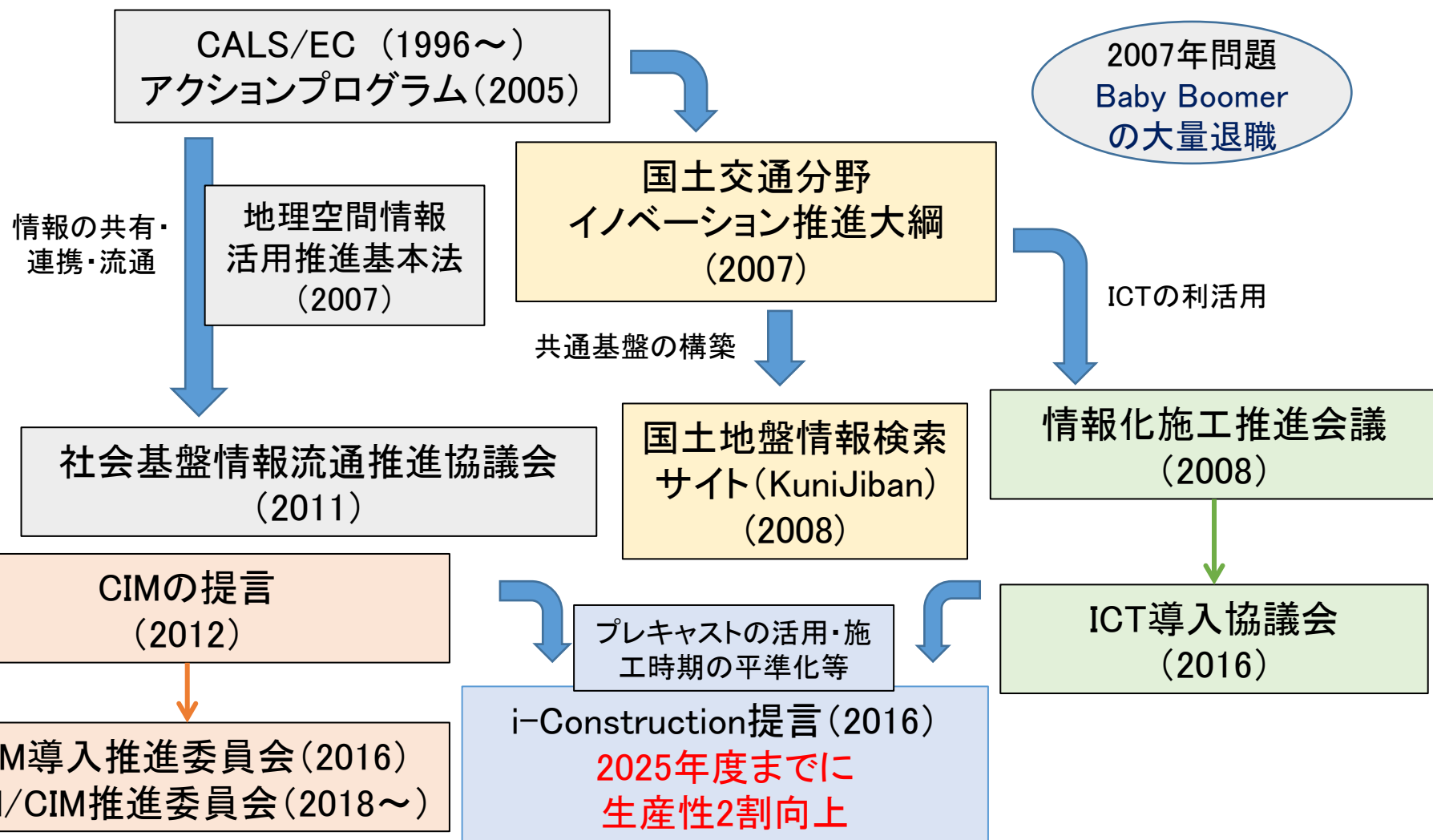
ICTショベルとICTダンプを活用した施工計画を立案し、モデル現場で、原則すべて自動で施工

各チームの評価:

自動化(10)・速度(10)・品質(5)・コスト(5)

(<http://www.i-con.t.u-tokyo.ac.jp>)

# CALS/EC、ICT利活用からi-ConstructionそしてDXへ(国土交通省)



インフラ分野のデジタル・トランスフォーメーション(DX) 2020

データ・デジタル技術の活用から産業変革へ

# デジタル・トランスフォーメーション(DX)とは

“デジタル技術がもたらす、或いは影響を及ぼす  
人間生活のあらゆる面における変化”

(Erik Stolterman & Anna Croon Fors: “Information Technology and the Good Life,”  
Information Systems Research, 687–692, January 2004.)

「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して (digitization)、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革する (digitalization) とともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること。」

(経済産業省:「デジタルトランスフォーメーションを推進するためのガイドラインVer. 1.0」,平成30年12月)



# 3種類(段階)の変化・変革

(1) Digitization; アナログ情報のデジタル化

例; 紙の情報が電子情報に変化

(2) Digitalization; デジタル技術の利用によりビジネスモデルを変換し、新たな利益や価値を生み出す機会をもたらすこと

例; レンタルビデオ/DVDがオンデマンド動画配信サービスに変化

(3) Digital Transformation; 組織・プロセス・文化の変化

例; 組織の理念や構成員の価値観の変化 (Society 5.0)

# 情報通信技術・デジタル技術等の活用

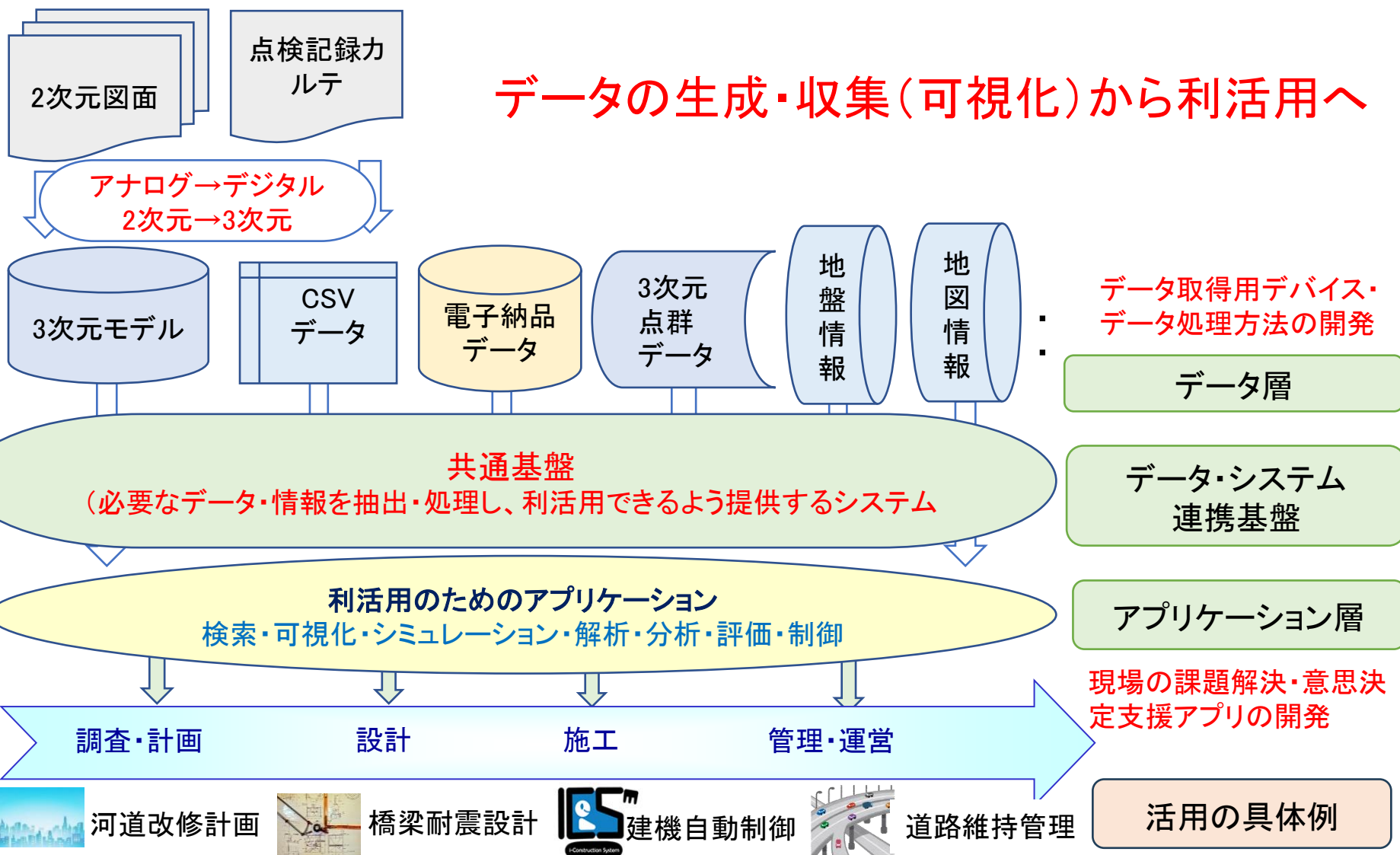
- (1)地理情報システム (Geographic Information System)
- (2)Global Navigation Satellite System (GNSS)
- (3)Point Cloud
- (4)Digital Mapping System
- (5)Building Information Modelling (BIM)
- (6)ベイズ統計・機械学習・深層学習 (AI)
- (7) Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)
- (8) Internet of Things (IoT)
- (9)Structure from Motion (SfM)
- .....

デジタル技術を上手く利活用  
するためには？

利活用可能な  
体制・人材育成は？

# データ利活用のための共通基盤の構築と アプリケーション開発(オープンイノベーション)の推進

## データの生成・収集(可視化)から利活用へ



# デジタル社会の三種のインフラ

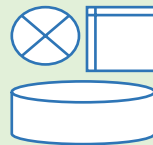
解析・予測



サイバー(仮想)空間  
(デジタルツイン)

設計・計画

仮想化されたハード領域  
通信網  
ネットワーク対応端末  
データ収集のためのセンサー



仮想化されたデータ処理基盤  
AI等の共通分析ツール  
産業別アプリケーション  
ユーザインターフェース

情報通信基盤

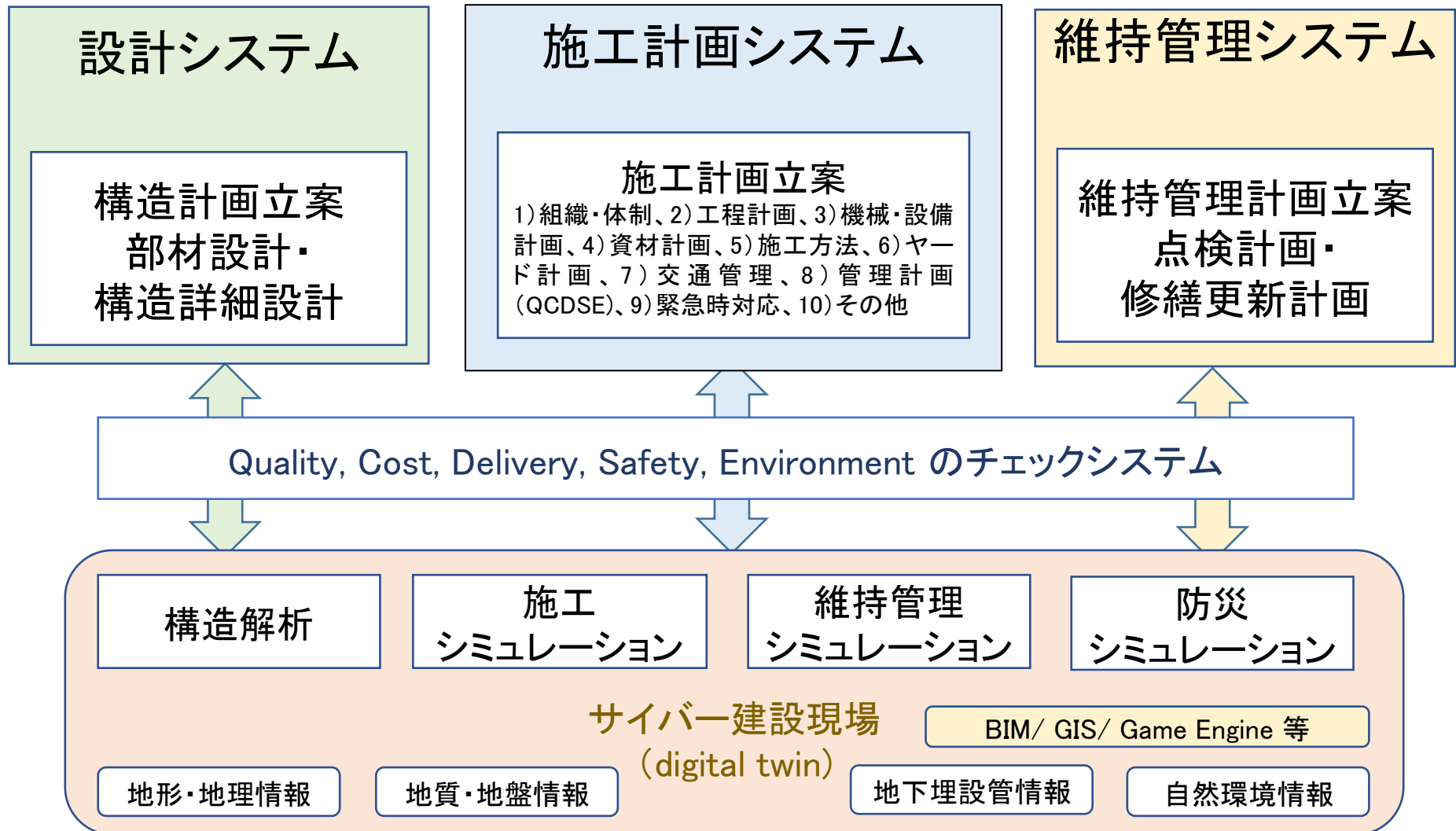
データ収集



機械・システム制御

フィジカル(現実)空間

# デジタルツインを活用した設計・施工・維持管理



# データプラットフォーム・デジタル技術の活用例

## データプラットフォームの活用

- (1) 河道評価システムの構築(藤原圭哉)
- (2) 道路管理支援システム(松實崇博)

## デジタル技術の活用

- (3) 品質管理情報の信頼性・耐改竄性の確保(松下文哉)
- (4) 道路管理のためのデータ駆動型マネジメントシステムの開発(飯島悠介)

## インフラDXの実践

- (4) BIM/CIMと連携したFMシステムの開発(澁谷宏樹)

**Uniclass** is a unified classification system made up of a set of tables that can be used by different parts of the industry in various ways by NBS (National Building Specification Ltd.), UK.

**OmniClass** is a comprehensive classification system for the construction industry by CSI (Construction Specifications Institute), US.

## BIMのデータを活用(仕様書作成や積算など)するための情報分類体系

uniclass (日本語版) Web検索システム Ver.4.3

[Uniclass日本語Ver4.3 エクセルダウンロードはこちら](#)

カテゴリ:  FI、PM、Ro、Zzは準備中です。 検索:

Code	Title	日本語訳	ご意見
Ac_05	Project management activities	プロジェクトマネジメントの活動	<input type="button" value="投稿する"/>
Ac_05_00	Strategy stage activities	戦略ステージの活動	<input type="button" value="投稿する"/>
Ac_05_00_10	Business case development	ビジネスケース開発	<input type="button" value="投稿する"/>
Ac_05_00_80	Strategic brief preparation	事業戦略の準備	<input type="button" value="投稿する"/>
Ac_05_00_82	Strategic brief submission	事業戦略の提出	<input type="button" value="投稿する"/>
Ac_05_10	Brief stage activities	基本構想の活動	<input type="button" value="投稿する"/>
Ac_05_10_15	Cost estimate preparation	概算見積準備	<input type="button" value="投稿する"/>
Ac_05_10_17	Cost estimate submission	概算見積提出	<input type="button" value="投稿する"/>
Ac_05_10_29	Feasibility study preparation	フィージビリティスタディ (FS) の準備	<input type="button" value="投稿する"/>
Ac_05_10_31	Feasibility study submission	フィージビリティスタディ (FS) の提出	<input type="button" value="投稿する"/>
Ac_05_10_61	Preliminary design preparation	企画設計の準備	<input type="button" value="投稿する"/>

**COBie** (Construction Operations Building Information Exchange) is a non-proprietary data format for the publication of a subset of building information models (BIM) focused on **delivering asset data** as distinct from geometric information.

## 施設管理者が必要とする情報を交換するためのデータフォーマット

### OVERVIEW AND PURPOSE

The Construction to Operations Building information exchange (COBie) is a data format and process standard. Its purpose is to assist project teams with capturing and delivering data related to the maintainable assets of a facility in a digital format, with the goal of reducing or even eliminating the delay between handover (after design and construction) and when the facilities management system can begin the operations and maintenance of those maintainable assets.

The maintainable assets of a facility for COBie are those items that the owner of a facility will manage in an Operations & Maintenance system. They can include mechanical equipment, electrical equipment, plumbing fixtures, and other items that require maintenance, upkeep, and replacement.

### HISTORY



COBie was first published by the U.S. Army Corps of Engineers in 2007 with support from the National Aeronautics and Space Administration and the White House Office of Science and Technology Policy.



The National Institute of Building Sciences (NIBS) has curated and maintained COBie since 2013 under a Creative Commons License.



COBie version 2.4 was adopted as part of the U.S. National BIM Standard (NBIMS-US™) v3 in 2015.

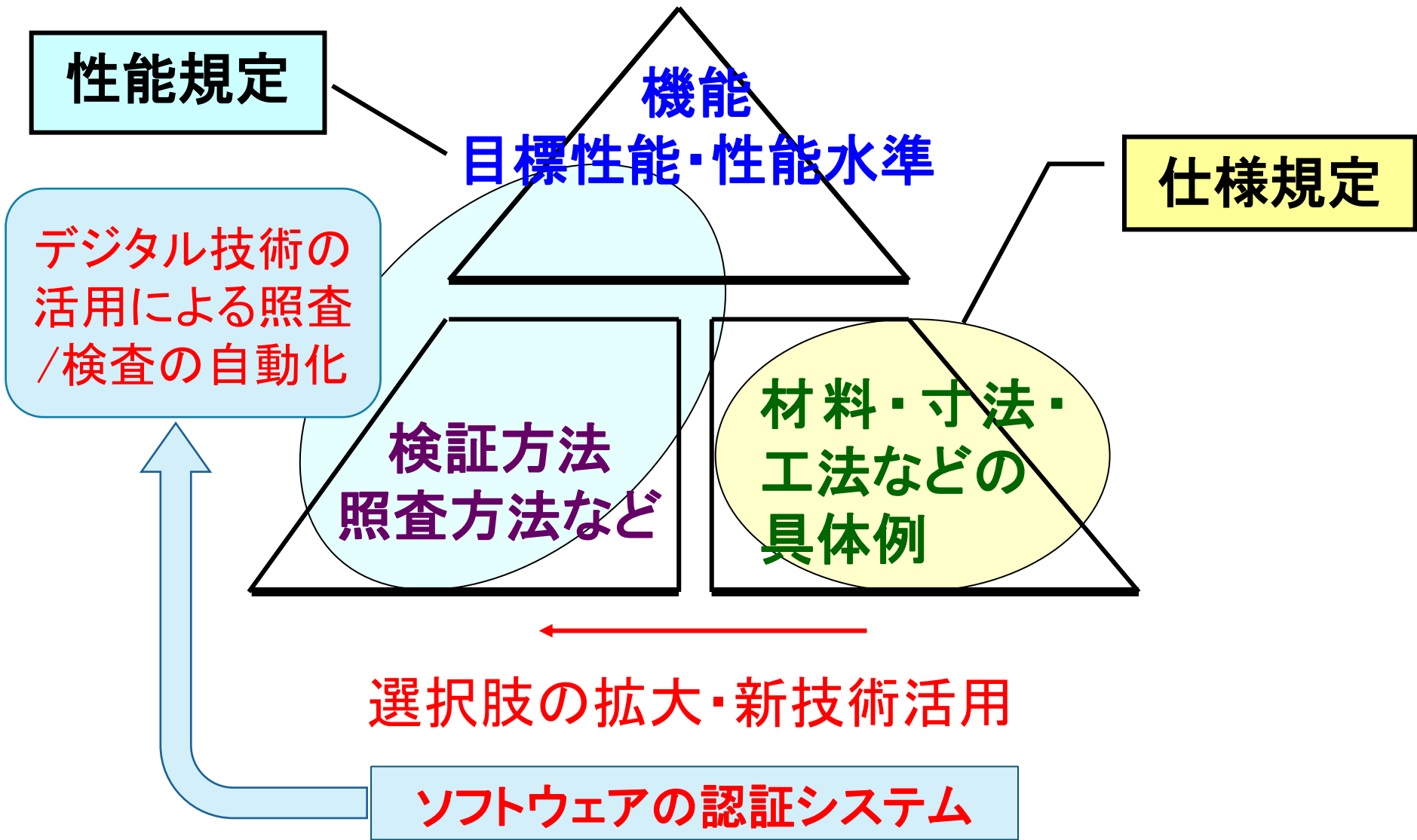
V3

COBie version 3 is the latest version and will become a part of NBIMS-US v4 in 2023.

**COBie v3**  
**CONSTRUCTION TO OPERATIONS**  
**BUILDING INFORMATION**  
**EXCHANGE STANDARD**  
Draft, November 2022

By National Institute of Building Sciences, US





# 技術基準類の性能規定化

# 公共事業における技術体系 (道路の例)

## (1) 道路法

・・・道路網の整備を図るため、道路に関して、路線の指定及び認定、管理、構造、保全、費用の負担区分等に関する事項を定め・・・

## (2) 道路構造令(政令)

・・・道路を新設し、又は改築する場合における道路の構造の一般的 技術的基準を定める・・・

## (3) 道路構造令施行規則・車道及び側帯の舗装の構造 の基準に関する省令(省令)

## (4) 道路橋標準示方書・舗装の構造

## (5) 土木工事共通仕様書(発注者)

## (6) 土木工事工事費積算要領及び

## (7) 土木工事施工管理基準及び規

## (8) 請負工事監督・検査事務処理

## (9) その他の適用すべき諸基準

コンクリート標準示方書(土木学会)・廃棄物・環境・労働安全衛生等に関する基準等

## (10) その他の協会等が定める技術基準・マニュアル等

BIM/CIMの活用に必要な基準・要領類  
ICT施工に必要な基準・要領類  
ICT建設機械等認定制度  
積算基準類  
その他

新しい体系が必要

# 契約図書

- 工事請負契約書：公共工事標準請負契約約款
- 設計図書
  - 図面：入札時に発注者が示した設計図
  - 仕様書
    - 共通仕様書：施工するうえで必要な共有する技術的要求や工事内容を説明したもののうち、各工事に共有し定型的な規定からなっているもの
    - 特記仕様書：共有仕様書を補足し、工事の施工に関する明細または工事に固有の技術的要求を規定しているもの
  - 現場説明書：入札参加者に対して発注者が当該工事の契約条件等説明するための書類
  - 質問回答書：現場説明書に関して入札参加者が提出した質問に対して発注者が回答する書面
  - 工事数量総括表：工事施工に関する工種、設計数量および規格を示した書類

BIM/デジタルデータ  
に基づく契約

スマートコントラクトへ

# 事業執行方式

フロントローディング  
が可能な方式へ

(1)発注者を支援する方式;

CM方式、事業促進PPP方式

(2)事業プロセスの対象範囲;

設計・施工一括発注方式、詳細設計付工事発注方式、維持管理付工事  
発注方式、設計段階から施工者が関与する方式(ECI方式)、アライアンス

(3)発注単位;

包括発注方式、複数年契約方式

(4)仕様書;

性能発注方式

(5)支払い方法;

総価契約方式、コスト+フィー契約・オープンブック方式

Integrated Project Delivery ^

# データ・デジタル技術活用のための仕組み (社会基盤システム)

アプリケーション層

開発促進のための市場形成(ベンチャー育成)  
安心して利用できるよう**認証制度**の構築

データ・システム連携基盤  
(**協調領域**)

基盤どうしの連携(**オープンエコシステム**)

データ層

データ流通・活用のルール  
(**データガバナンス**)

デバイス層

開発促進のための市場形成  
安心して利用できる**技術基準体系**の再構築

## 協調領域（非競争領域）とは、

- ・企業の競争力に関わらない協調領域については個社が別々にシステム開発するのではなく、業界毎や課題毎に共通のプラットフォームを構築することで早期かつ安価にシステム刷新につなげることができる（DXレポート、経済産業省、2019）
- ・企業はIT投資の効果を高めるために業界内の他社と「協調領域」を形成して共通プラットフォーム化する必要性（DXレポート2、経済産業省、2020）



- ・協調領域は徹底的に効率化・低コスト化し、貴重な予算や人材を競争領域に投入することで成長を図る戦略が重要（重複投資の防止）
- ・協調領域における「共通化」「標準化」を図る戦略が重要

# サイバー空間を利用してフィジカル問題を解決

## 建設現場の特性(制約条件)

- (1) 一品受注生産
- (2) 現地屋外生産
- (3) 労働集約型生産
- (4) 多種多様なサプライチェーン

フィジカル問題を  
解決できているか？  
(現場で働く人)

## 課題

- (1) 生産性低迷(2024年問題)
- (2) 労働力不足(少子高齢社会)

## 目指すべき方向性

- (1) 生産性の向上
- (2) より創造的な業務への転換
- (3) 賃金水準の向上
- (4) 十分な休暇の取得
- (5) 安全性の向上
- (6) 多様な人材の活用
- (7) 地方創成への貢献
- (8) 希望が持てる新たな現場の実現 等

# インフラ分野のDX推進のための 制度の再構築

## (1) インフラ分野の情報システム調達の在り方

検討論点(案)

- A. 調達プロセスの見直しと体制強化、B. 多種多様なベンダーの参加、適切なベンダーの選定
- C. プロセスの明確化・透明性の向上 など

## (2) フロントローディング等を活かしやすい事業執行・契約システム

## (3) データ流通・活用のための標準ルール

## (4) 新デバイス・ロボット等を活用しやすい技術基準体系の再構築

## (5) 新アプリケーションを活用しやすい認証制度の構築

## (6) 基盤どうしを連携するための環境構築(エコシステム) 等

**社会基盤システムの再構築が必要**



# 社会基盤システム

- インフラ（物的存在）と
- その整備や供用にまつわる社会の仕組み、慣行、組織、人的活動等の総体としてのシステム

