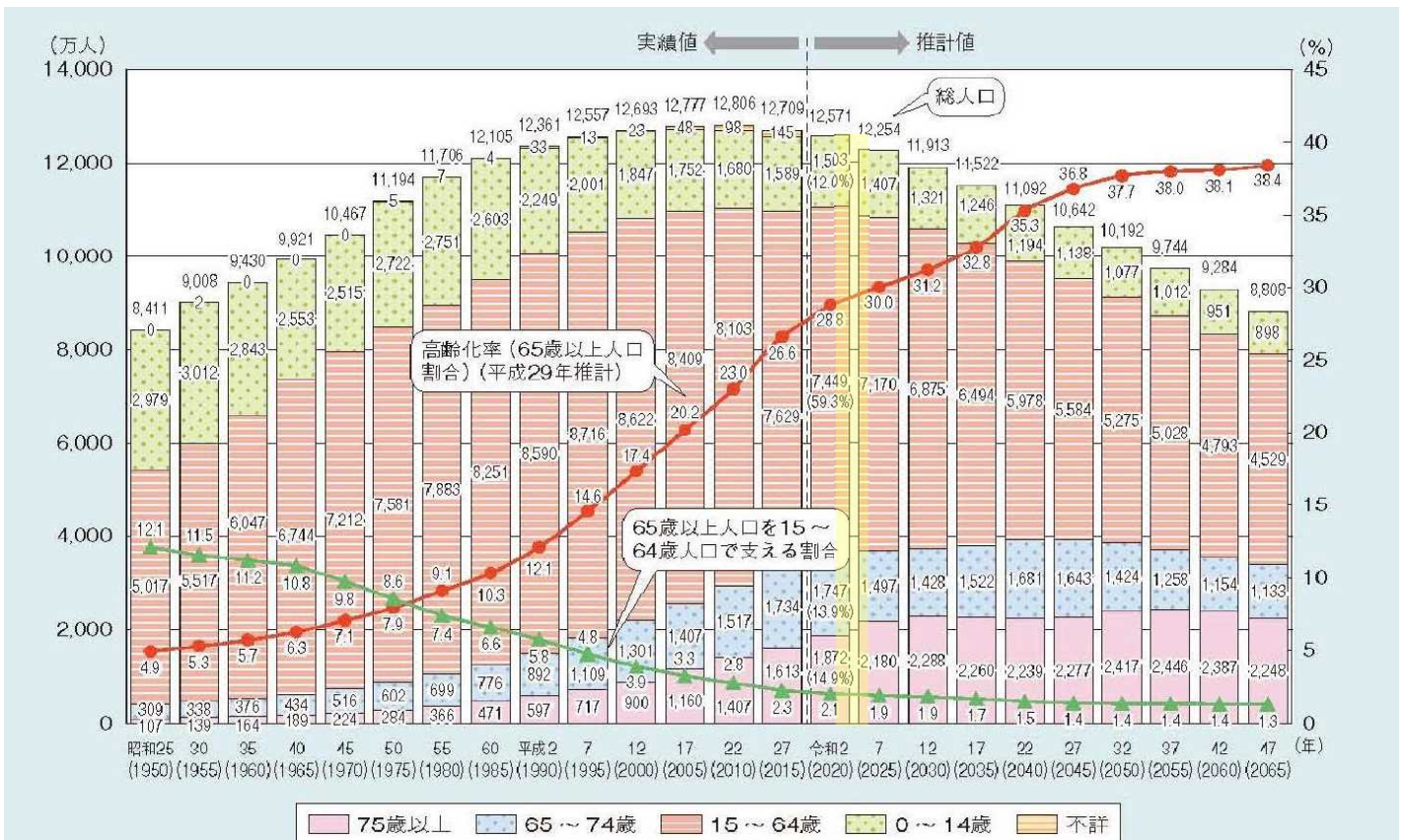


DX時代の新しい建設産業に向けて

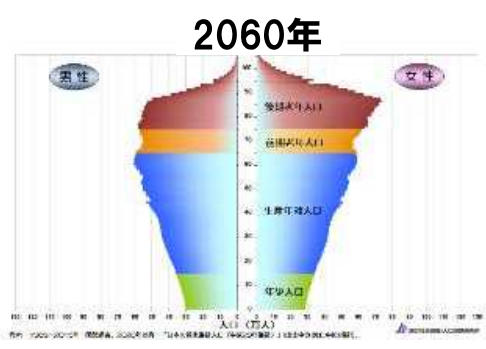
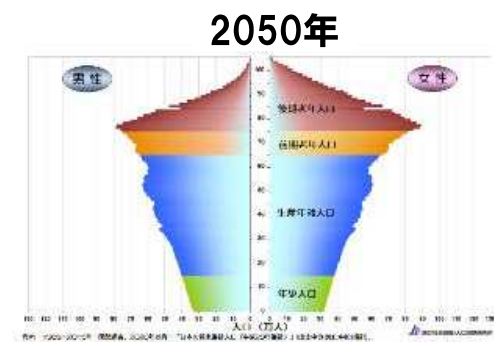
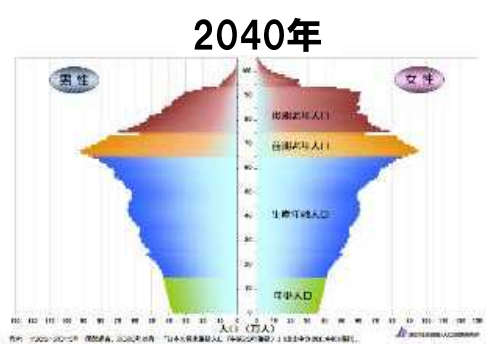
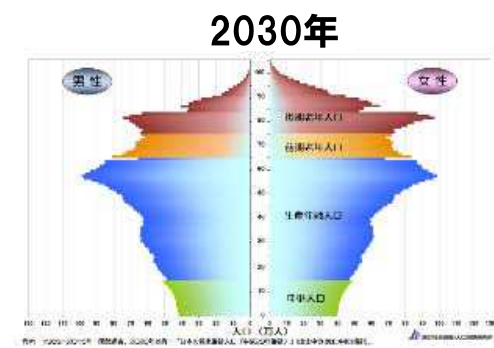
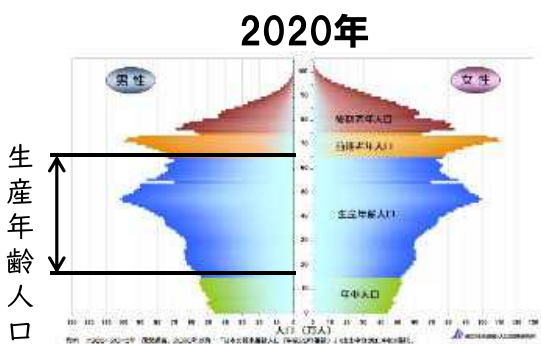


立命館大学
総合科学技術研究機構
建山 和由

日本の人口問題からみた建設改革の必要性



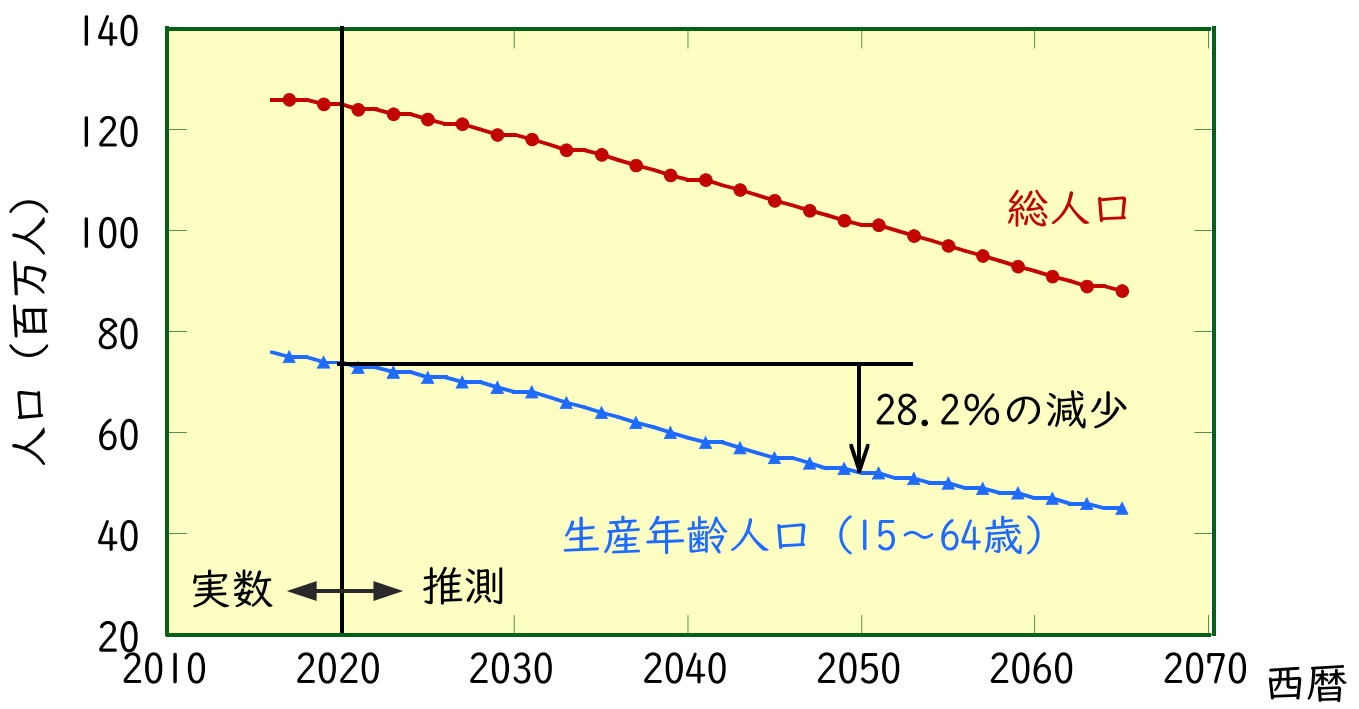
資料：棒グラフと実線の高齢化率については、2015年までは総務省「国勢調査」、2020年は総務省「人口推計」（令和2年10月1日現在（平成27年国勢調査を基準とする推計））、2025年以降は国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成29年推計）」の出生中位・死亡中位仮定による推計結果。



日本の人口ピラミッド

3

日本における生産年齢人口の推移

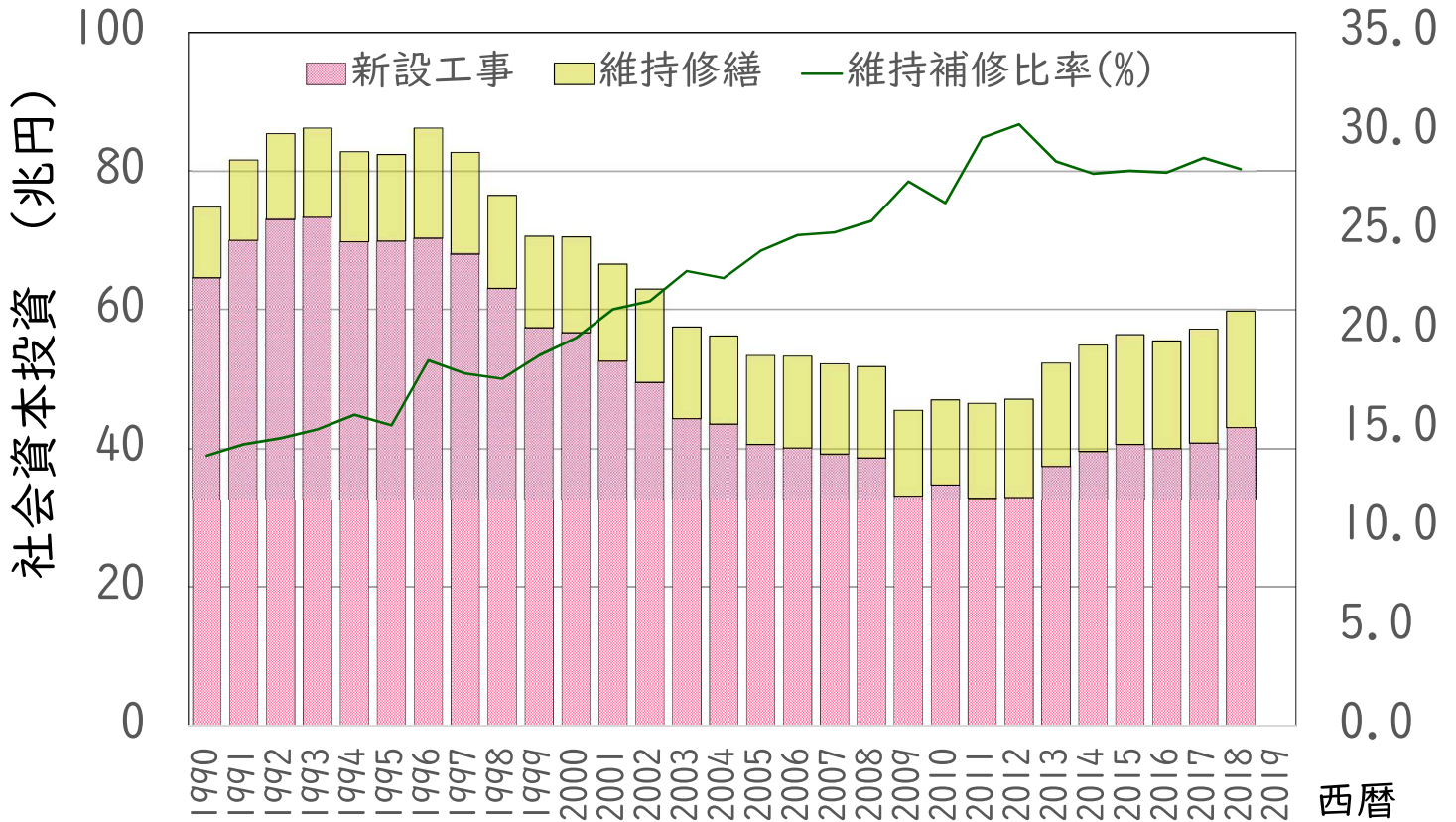


国立社会保障・人口問題研究所：日本の将来推計人口（平成29年推計）より作成

- ますます深刻化する建設従事者
- 生産年齢人口減 → 税収・使用料減 → インフラ投資予算の縮小

4

維持管理の視点から：社会資本投資の経年変化 (%)

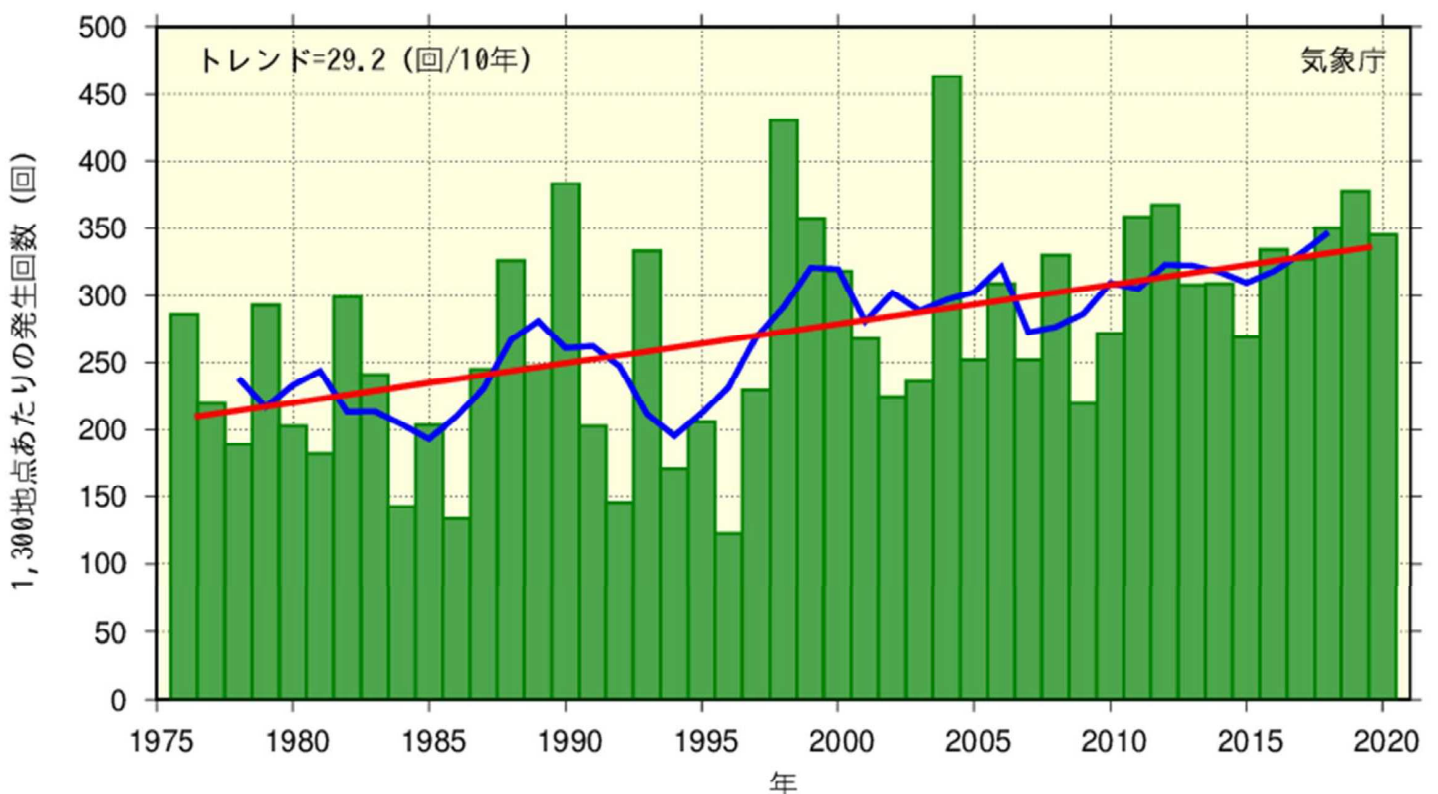


1990年代に比べ、新設工事は1/2に、修繕・更新工事は増加。

建設業ハンドブック（一般社団法人日本建設業連合会）より作成

激化する自然災害の視点から

全国【アメダス】1時間降水量50mm以上の年間発生回数



「気象庁・アメダスで見た短時間強雨発生回数の長期変化について」より

防災の考え方

- ・ 災害対策には、どこまでの災害に備えるのかの目安が必要。
- ・ 通常、過去最大の災害に備える形で基準を設定。
- ・ より大きな災害が起こる度に、基準は更新される。
(例:強化されていく耐震基準)

台風19号による河川堤防の破堤箇所



福島民友新聞HP版から

- ・ 耐震補強等の防災対策の費用は増えざるを得ない。

2019年10月12日台風19号
20水系・71河川・142箇所
(国交省HP2019.10.31から)

7

建設が変わらなければならない理由

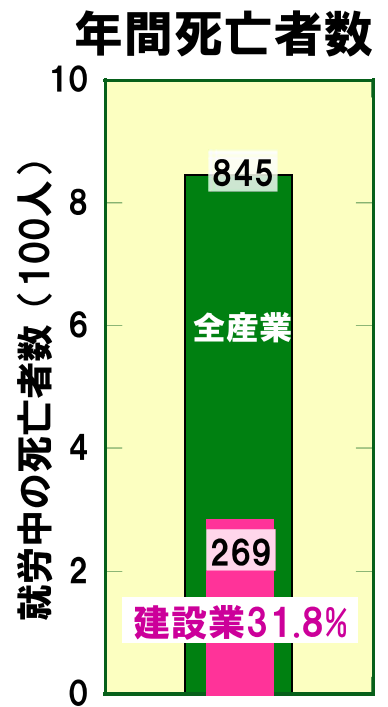
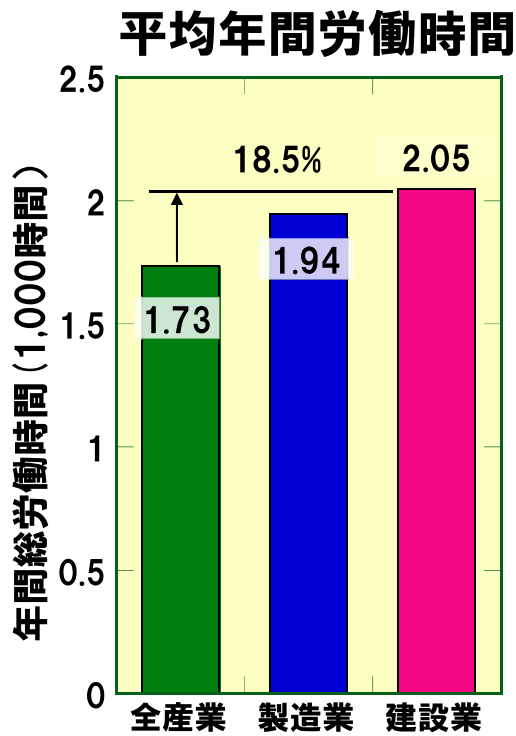
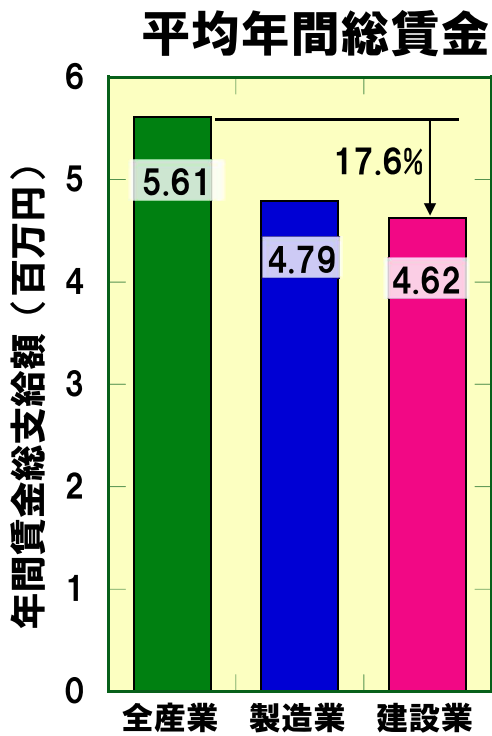
- ✚ 深刻化する建設従事者、熟練技術者不足
- ✚ 人口減→税収減→インフラ投資予算の縮小
- ✚ インフラの維持修繕・更新、災害対策の強化をはじめとする工事の増加

社会に対し、将来にわたって安定的にインフラを提供していくことのできる体制の構築。

建設を取り巻く課題に対応するためには、これまでの延長線上の議論では対処できない。

8

建設産業の実情



他産業に比べて低い賃金水準
(全産業平均の82%)

他産業に比べて長い労働時間
(全産業平均の118%)

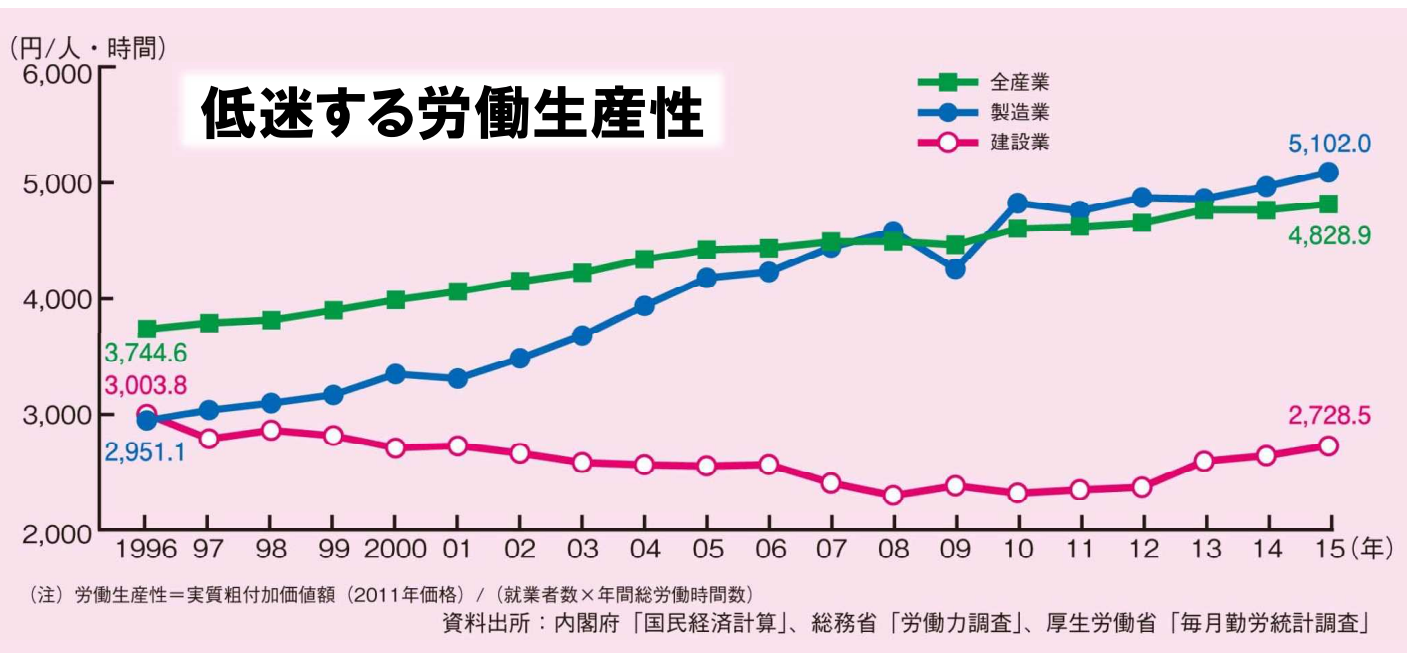
全産業の32%を占める労働死亡者数

建設業ハンドブック2020 (一般社団法人日本建設業連合会) より作成

建設産業の実情 労働環境・条件

賃金水準: 全産業平均の82%
年間総労働時間: 全産業平均の119%
死亡災害の件数: 全産業の32%を占める

3K
きつい
汚い
危険



建設業ハンドブック2017 (一般社団法人日本建設業連合会) より

★ 建設業は、生産性を大幅に改善する可能性を有している。 ★

ICTの活用

標準化・工場生産

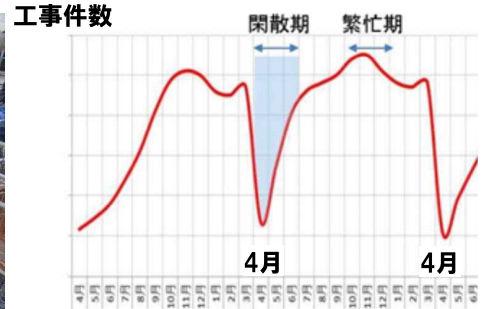
発注の平準化



人力に頼る作業



現場作業・単品作業



季節変動の多い発注



ICT活用による省力化



標準化・工場生産



年間を通じた発注の平準化

ICT技術の全面的な活用(土工)



①ドローン等による3次元測量

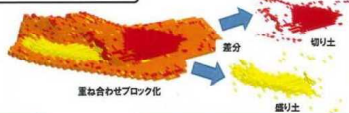


ドローン等による写真測量等により、短時間で面的(高密度)な3次元測量を実施。

②3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。



③ICT建設機械による施工

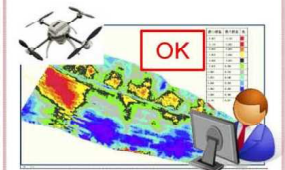
3次元設計データ等により、ICT建設機械を自動制御し、建設現場のIoT(*)を実施。



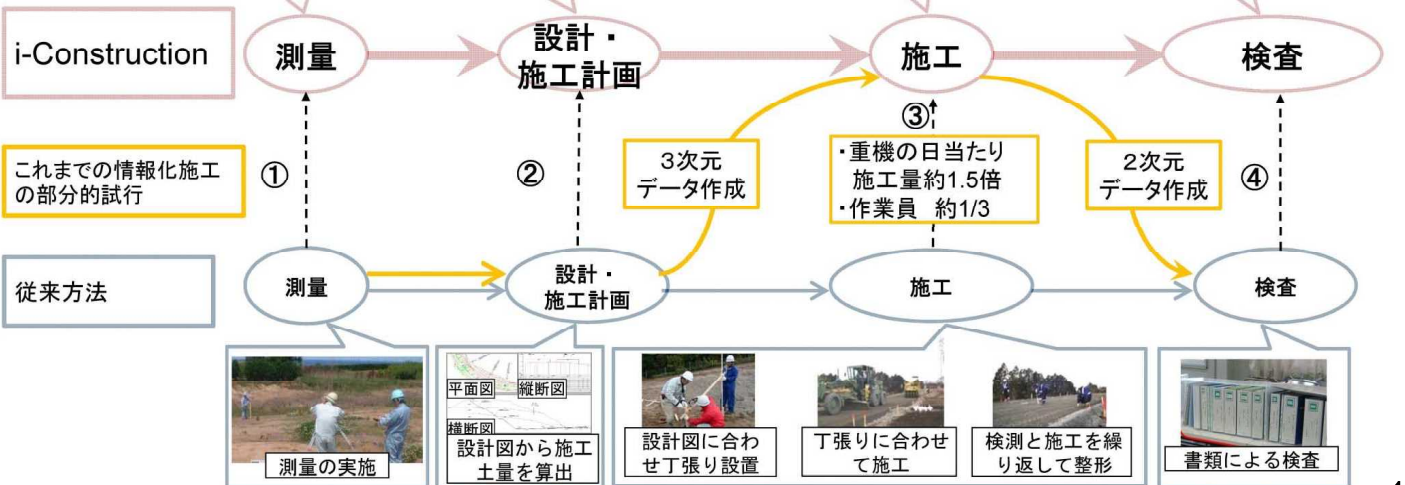
※IoT(Internet of Things)とは、様々なモノにセンサーなどが付され、ネットワークにつながる状態のこと。

④検査の省力化

ドローン等による3次元測量を活用した検査等により、出来形の書類が不要となり、検査項目が半減。



発注者



○国交省では、ICTの活用のための基準類を拡充してきており、構造物工へのICT活用を推進。
 ○今後、中小建設業がICTを活用しやすくなるように小規模工事への更なる適用拡大を検討

平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和5年度 (予定)
ICT土工							
	ICT舗装工(平成29年度:アスファルト舗装、平成30年度:コンクリート舗装)						
	ICT浚渫工(港湾)						
	ICT浚渫工(河川)						
			ICT地盤改良工(令和元年度:浅層・中層混合処理、令和2年度:深層混合処理)				
			ICT法面工(令和元年度:吹付工、令和2年度:吹付法砕工)				
			ICT付帯構造物設置工				
				ICT舗装工(修繕工)			
				ICT基礎工・ブロック据付工(港湾)			
				ICT構造物工 (橋脚・橋台)(基礎工) (橋梁上部、基礎工拡大)			
				ICT海上地盤改良工(床掘工・置換工)			
					小規模工事へ拡大 (小規模土工) (排水・掘削等)		
			民間等の要望も踏まえ更なる工種拡大				

国土交通省 i-Construction推進コンソーシアム 第8回企画委員会 資料から抜粋

建設における ICT導入：Next Stepの必要性

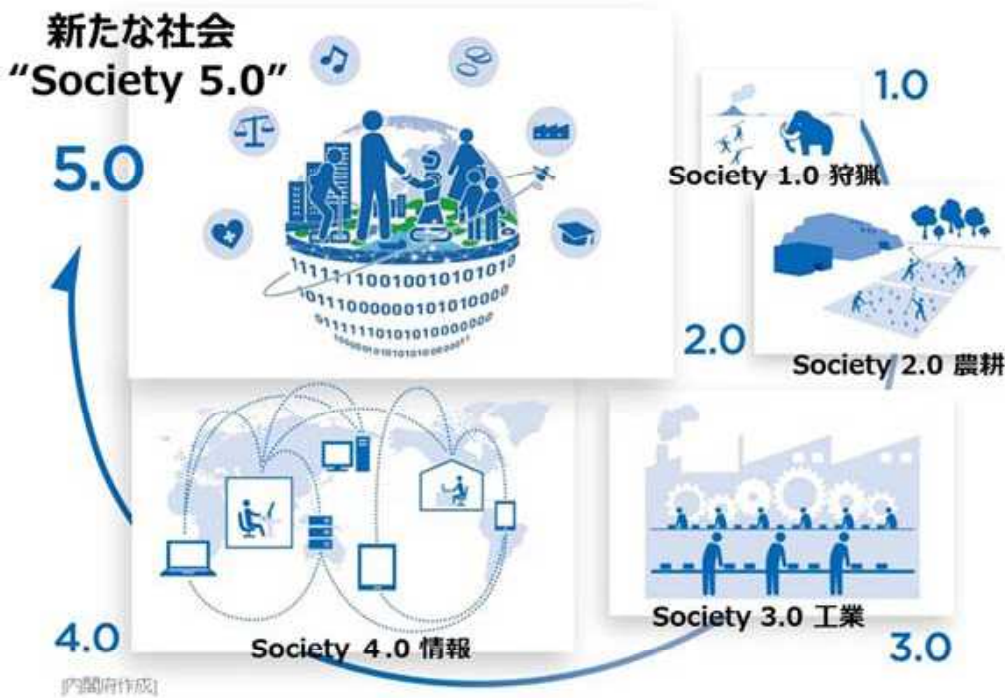
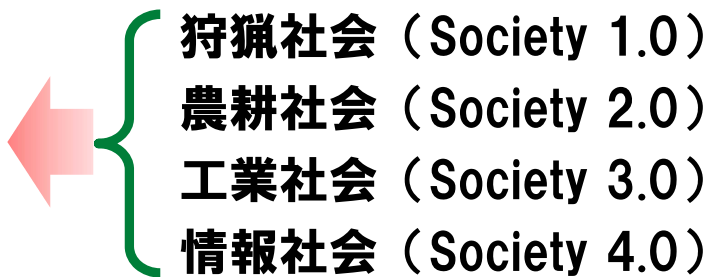
- ・ 土工と舗装工におけるMG, MC, ドローン測量を主軸にしたICTは一定導入が進みつつある。
- ・ 建設における生産性向上の兆しは見え始めている。
- ・ 導入できる企業は、導入している。所定のICT導入に対応できない企業には別のスキームが必要。
- ・ 特に地方のインフラ整備を支える地方自治体とローカル企業への導入が課題になっている。



社会におけるDX推進 ⇒ 建設のデジタル化

Society 5.0

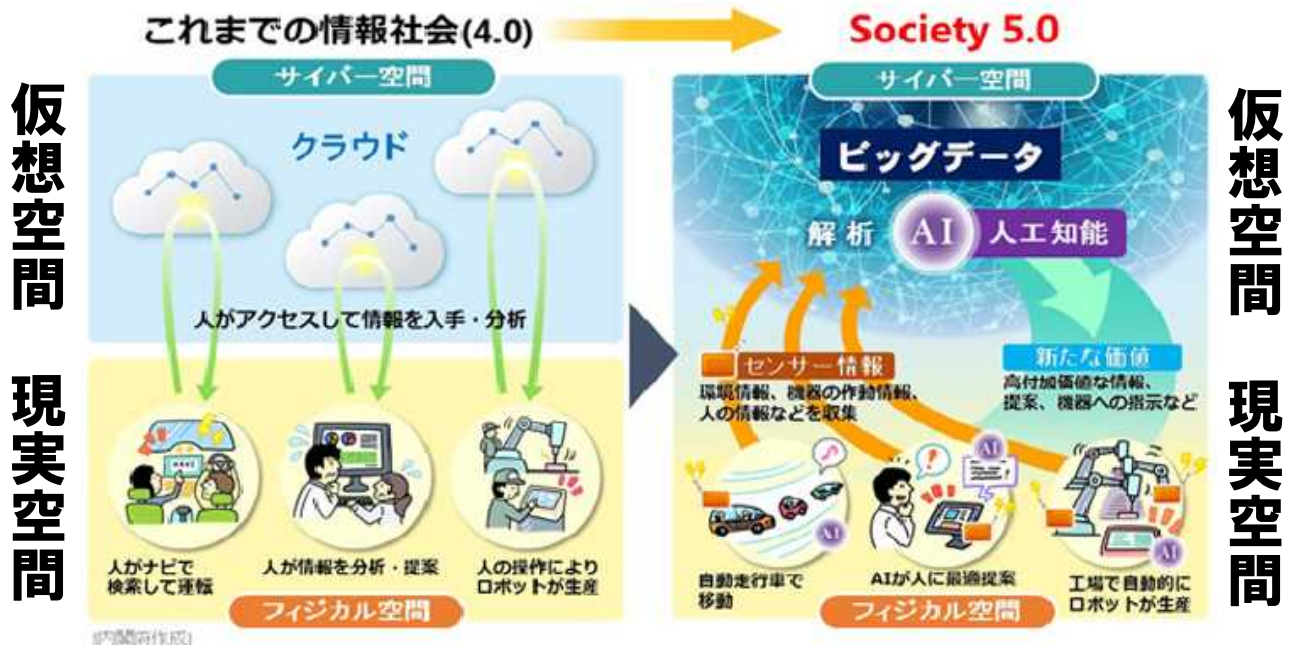
我国が目指すべき未来社会の姿
(第5期科学技術基本計画)



内閣府HP (https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html) より

Society 5.0のしくみ 内閣府 科学技術政策から

- 今までの情報社会では人間が情報を解析することで価値が生まれてきた。
- Society5.0の社会では、現実空間からの膨大な情報がサイバー空間に集積。仮想空間ではこのビッグデータを人工知能(AI)が解析。その解析結果が現実空間にフィードバックされる。これまでに無かった新たな価値が産業や社会にもたらされる。



内閣府HP (https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html) より

Society 5.0のベース

IoT (Internet of Things) by Kevin Ashton (1999年)

社会の様々な物がインターネットでつながれ、相互に情報をやり取りすることにより、個々の物が持つ機能を画期的に高めていこうとするという概念。

DX (Digital Transformation) by Erik Stolterman (2004年)

高速インターネットやクラウドサービス、人工知能 (AI) をはじめとするデジタル技術を活用して、既存の組織や仕組み、手順、モノや情報の流れといったものを根本的に変革することにより、業務の効率化や省力化を超えて、事業や商流の在り方そのものを改革するという概念。

社会の様々な場面で、デジタル化の推進が進んでいく

17

建設分野におけるデジタル化推進

(大林組 古屋弘氏の資料を参考に作成)

I. デジタイゼーション Digitization

アナログ (作業) → デジタル化



光学測量



GNSS, 測量

II. デジタライゼーション Digitalization

ICTによる建設のシステム化



NPO法人グリーンアース

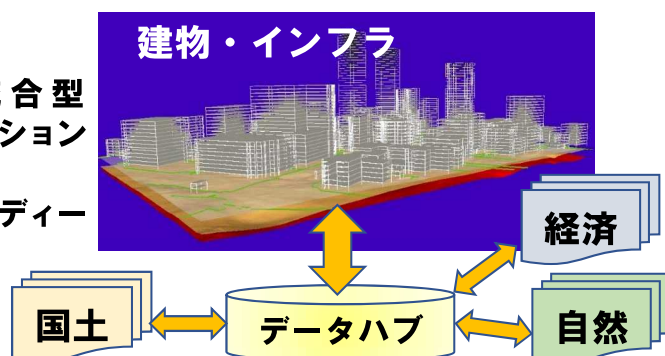


TOPCON

III. 最終形のDX Digital Transformation

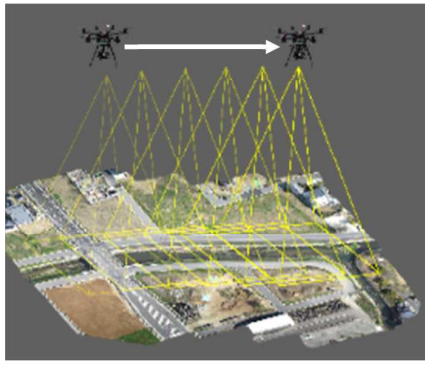
データ融合 → 新たなコンテンツ

データ統合型
シミュレーション
↓
ケーススタディー



18

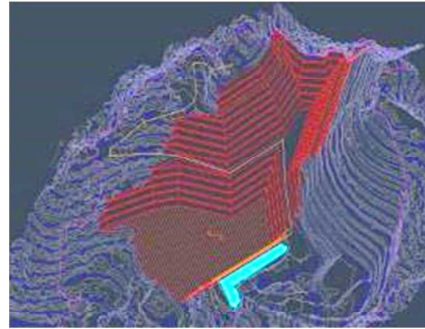
I. デジタイゼーション：ドローン測量



写真のオーバーラップ



画像関連ソフトにより点群を発生



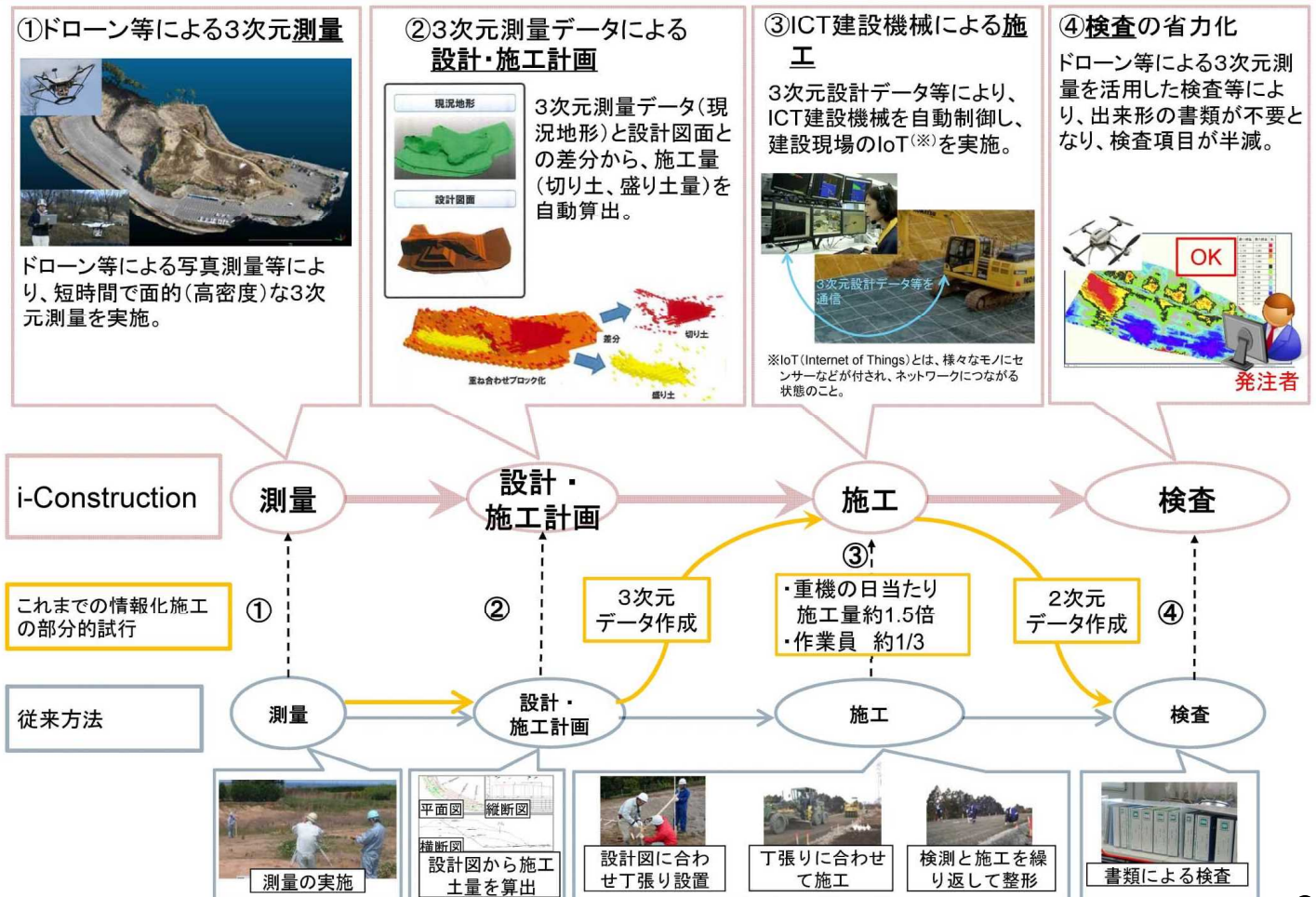
奥村組土木興業(株)

鹿島建設(株) HPより

計測方法	計測面積	計測日数	成果品作成日数	概算費用
UAV測量	2ha	1時間	1人工(1日)	1
3Dレーザ測量	2ha	1日	2人工(2日)	4.0
光波測量	2ha	3日	10人工(5日)	5.6

19

II. デジタイゼーション：3Dデータの共有による建設のシステム化



III. 最終形のDXの具体例：デジタルツイン DT

「リアル（物理）空間でIoTなどを活用して集めたデータを元にサイバー（仮想）空間でリアル空間を再現する技術」。従来の仮想空間と異なり、よりリアルな空間をリアルタイムで再現できることが特長。現実世界の環境を仮想空間にコピーする鏡の中の世界のようなイメージであり、「デジタルの双子」の意味を込めてデジタルツインとぶ。（SoftBankビジネスブログから）



21

デジタルツイン と インフラ整備

デジタルツインを導入すると

様々なシナリオを想定したシミュレーション

何度でもやり直せる

最適なシナリオの抽出 ⇒ 都市計画の最適化

新技術導入の効果推定 ⇒ 新技術導入の推進

新たな技術開発の誘発 ⇒ インフラ整備の革新

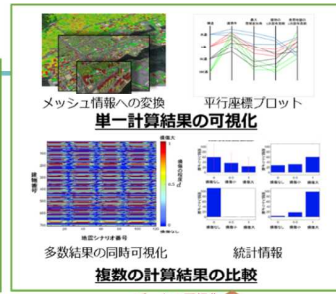
(建設ロボットを前提とした施工法の開発等)

22

DT 異種シミュレーションの統合

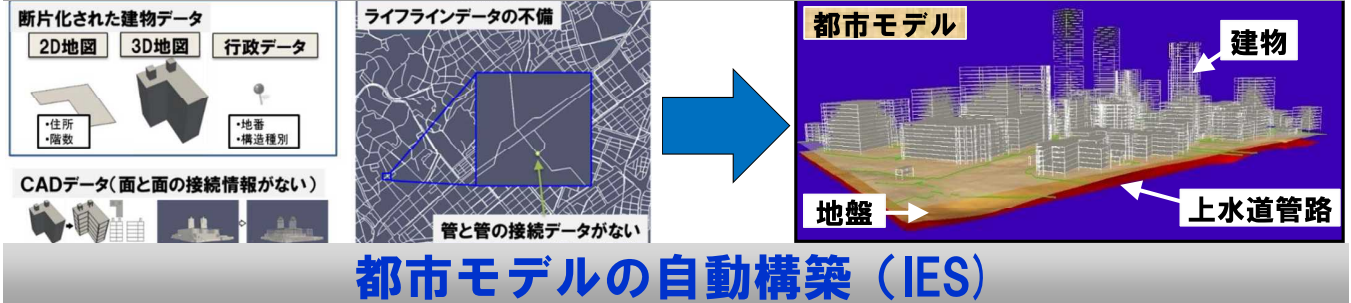
異種データ群

市町村資産
台帳など



- 民間地図情報
- 行政データベース
- モニタリングデータ
- センサーデータ

データ処理プラットフォーム (IES: Integrated Engineering System)



都市モデルの自動構築 (IES)



街の丸ごとシミュレーション by 神戸大学 飯塚敦氏

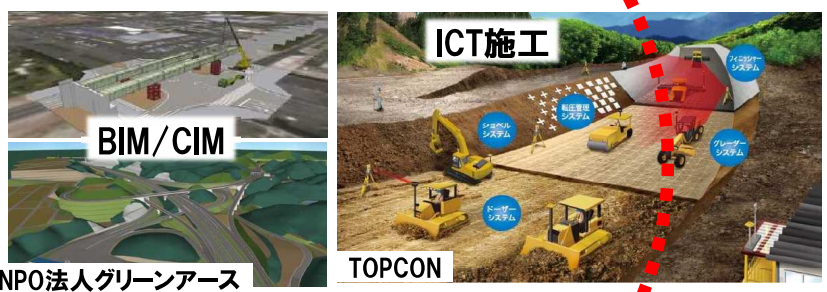
建設分野の情報化 → デジタル化

(大林組 古屋弘氏の資料を参考に作成)

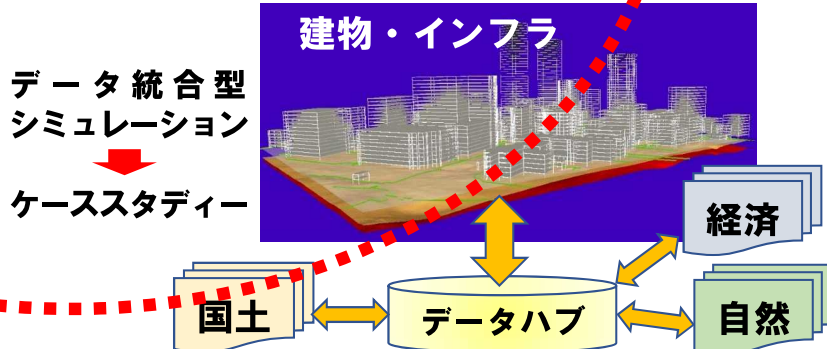
I. デジタイゼーション
Digitization
アナログ(作業) → デジタル化



II. デジタライゼーション
Digitalization
ICTによる建設のシステム化



III. 最終形のDX
Digital Transformation
データ融合 → 新たなコンテンツ



DX時代の i-Construction

これまでの i-Construction

II. デジタイゼーション・ICTによる建設のシステム化

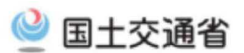
これからの i-Construction

- I. デジタイゼーション・アナログ（作業）のデジタル化
- II. デジタイゼーション・ICTによる建設のシステム化
- III. 最終形の DX・多様なデータの融合と活用

3DのICT施工だけでなく，多様なデジタル技術の活用

25

i-Constructionとインフラ分野のDXの関係



インフラ分野のDX(業務、組織、プロセス、文化・風土、働き方の変革)



① デジタイゼーション アナログ作業のデジタル化



推進のために

無駄の削減・施工工程全体の効率化

リーンマネジメント

27

リーン（Lean）生産方式

- Leanには「ぜい肉がなく引き締まって痩せている」というような意味がある。製造工程の「ムダ」という「ぜい肉」を落としたスリムな生産方式。
- トヨタ生産方式をMITが研究し体系化。
- ジャストインタイム, カンバン方式, 5S, 見える化などを通じた「ムダの顕在化」と「KAIZEN」（問題発見・解決）により、製造工程の全体にわたってトータルコスト及びリードタイムを減らしていく。

なぜ、リーン生産方式か？

28

i-Constructionを契機に導入が進むICT

But 必ずしも効果が実感できているわけではない。

Why

ICTを導入が目的になっていないか。本来の目標が明確になっていないのでは？

自らの課題を明確にし、その解決に向けた具体的な目標を設定して、ICTの導入を図る必要あり。



- ・リーン生産方式のベースとなるトヨタ生産システムは、生産現場における「KAIZEN」提案を生産全体の効率化策に繋げることを目指す。
- ・すでに確立されている方式を建設分野でも活用。

29

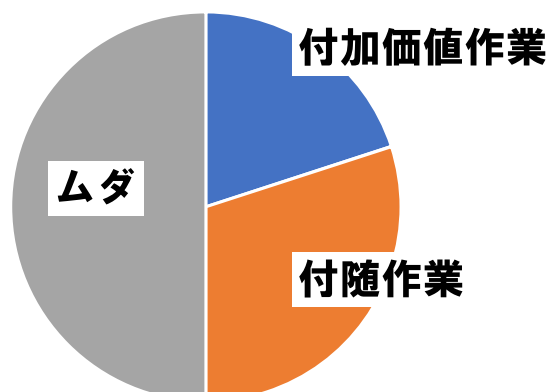
リーン生産方式における作業の分析



付加価値作業：本質的な作業。合理化は大がかりになりがち。

付随作業：付加価値は生まないが、無くてはならない作業
→ 合理化・効率化し易い。

ムダ：無くてよい余計な動作
→ 徹底して取り除く



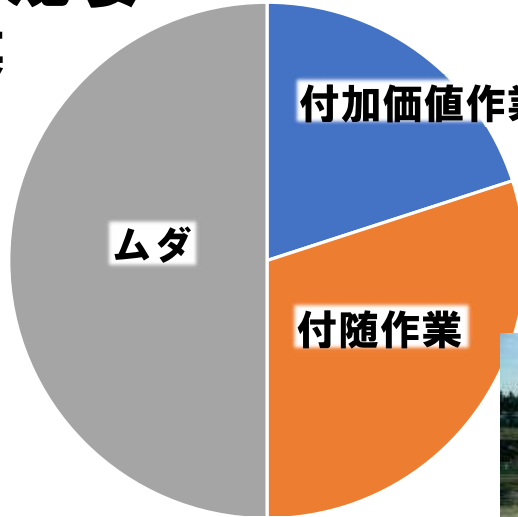
道路土工 作業分析

① 付加価値作業：工事の本質的作業



③ ムダ：本来必要の無い作業

- 工程間の調整時間
- 検査待ち時間



書類作成



写真撮影



測量

② 付随作業：付加価値作業を達成するために必要な作業

① 付加価値作業の効率化 自律型無人化施工システム



作業内容が異なる複数の建設機械が協調しながら土工作业を行う生産システム。各機械は遠隔操作ではなく、作業対象物や周辺環境、他の機械の動きを把握し、自律で協調作業を行うことができる。

鹿島建設(株) 4CSEL

② 付随作業の効率化

スマートフォンの活用 (1) 現場写真管理の合理化



電子小黑板

スマホで写真撮影+アプリで現場情報入力

クラウド



事務所のPC



手書き黒板

従来の工事写真

- 黒板を持ち歩く必要あり。
- 対象毎に黒板を書き直す必要あり。
- 文字，数値が不鮮明な場合あり。
- 写真整理に時間が必要（後処理）。

- 黒板の持ち歩きが不要。
- 黒板を事前に作成可。
- 電子小黑板のデジタル情報で写真整理の自動可ができる。

情報提供：奥村組土木興業 株式会社，(株)建設システム

② 付随作業の効率化

現場映像の活用による ペーパーレス化



膨大な書類作成業務



③ ムダの削減

映像臨場による検査等に伴う待ち時間の削減

モバイルジンバルカメラ：特定部監視



固定カメラ：24時間監視



空間共有

施工現場

試験室

施工現場（施工履歴）



施工者本社



発注者検査室



発注者事務所

情報提供：株式会社 環境風土テクノ、株式会社 堀口組

遠隔臨場による移動時間効率化の効果

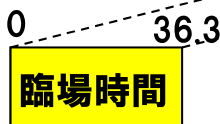
※遠隔臨場（3年目） 試行3現場集計

※R2.5月～R2.10月末（6ヶ月間）

【受注者】

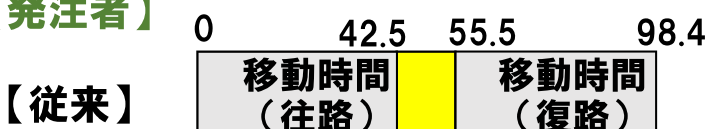


【遠隔臨場】

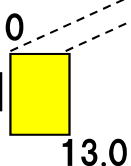


臨場回数：75回
削減時間：226.4時間
 $226.4/8h = 28.3$ 人工/6ヶ月

【発注者】



【遠隔臨場】



③ ムダの削減

臨場の頻度増加

臨場回数：25回
削減時間：85.0時間
 $85.0/8h = 10.6$ 人工/6ヶ月

1. 効率化と省人化が進む。

- ネットワークを活用した遠隔臨場
→ 現場へのアクセス時間が大幅に削減
- ドローンやレーザースキャナーを活用した3次元測量
→ 測量のための時間と手間を大幅に削減

2. これまで建設工事に関わることが無かった人に仕事を分担してもらえる。

- 技術者は浮いた時間を使い、より専門性の高い技術的な仕事に余裕を持って取り組むことができる。
- 必ずしも、建設技術者がICTの活用を担う必要は無い。
→ 一人の建設技術者の生産性が大幅に改善される。

37

ICTによる建設のシステム化



(株)マツザワ瓦店（名古屋市）の取り組み

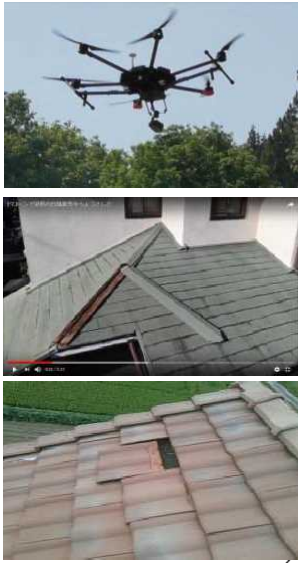
課題から始まった屋根工事のシステム化



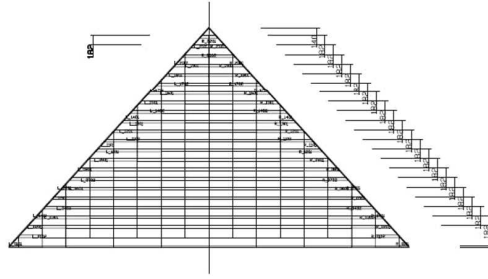
高所での作業、職人の高齢化と後継者不足、低迷する生産性、…… 課題の多い職種

屋根工事のシステム化

ドローン等を用いた3D測量



→ 3D CAD →



→ プレカット作業 →



→ 屋根上作業



図面調達 (新築)
現地測量 (葺替,
災害復旧)

3Dデータによる設計・施工計画・積算

材料の加工

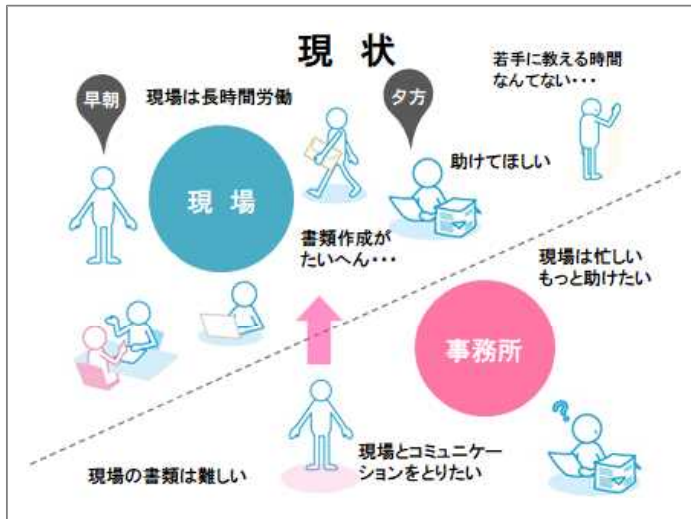
工事

付随作業

付加価値作業

39

建設ディレクターによる技術者支援



- ・ 現場技術者は、書類作成業務で長時間労働
- ・ 人材不足で技術継承が困難
- ・ 現場と事務所のコミュニケーションレス

事務職は、専門スキル習得でスキルアップ
ITとコミュニケーションスキルで現場支援
建設ディレクター育成プログラム

女性が働き方(役割)を変えて活躍する

- ・ 事務職の職域拡大(職務追加、配置転換)
- ・ 女性技術者の復帰ポジション(産休、育休)
- ・ 新規雇用(情報技術、未経験者)



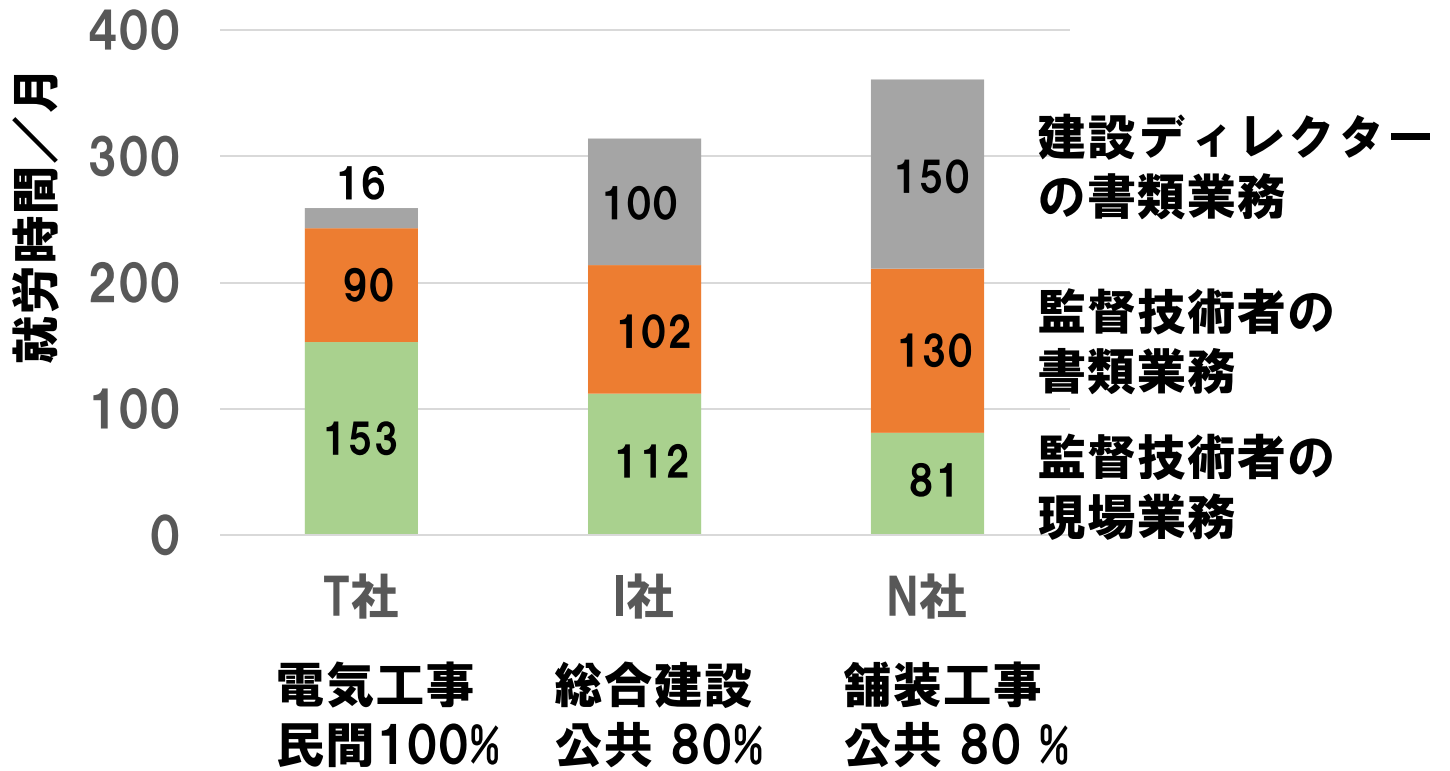
社会人基礎力/キャリア/建設業法、施工管理/書類作成
写真管理/CAD/積算/原価管理/コミュニケーション
全60時間 修了認定 一般社団法人建設ディレクター協会

業務の効率化・生産性向上！
働き方改革の実現へ

資料提供: 京都サンダー(株)

40

データから見える建設ディレクターの役割



公共工事では、監督技術者は多くの書類作成業務に追われるが、その半分程度を建設ディレクターが担っている。

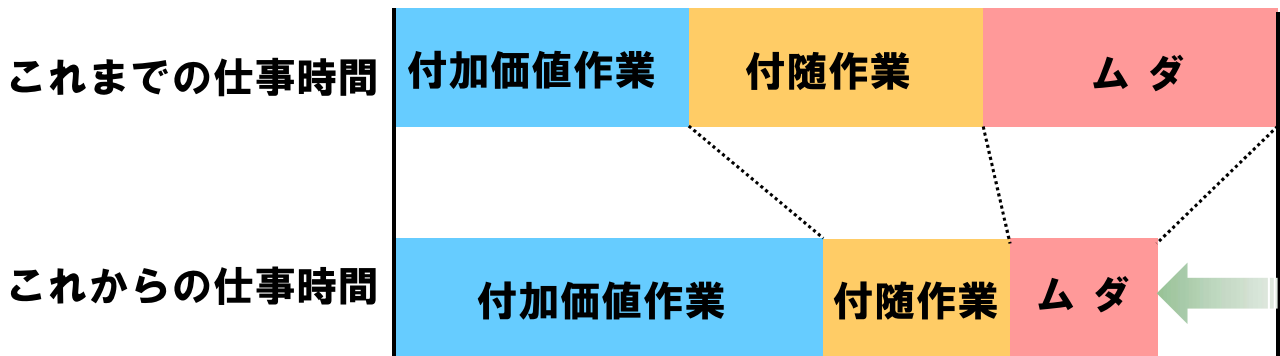


担い手の多様化と働き方改革 【外国人技術者の雇用】



アブドゥ氏（エジプト出身 可児建設（株））

付加価値作業時間比率を高める＝生産性向上の基本 (付加価値を生んでいる実作業時間比率の向上)

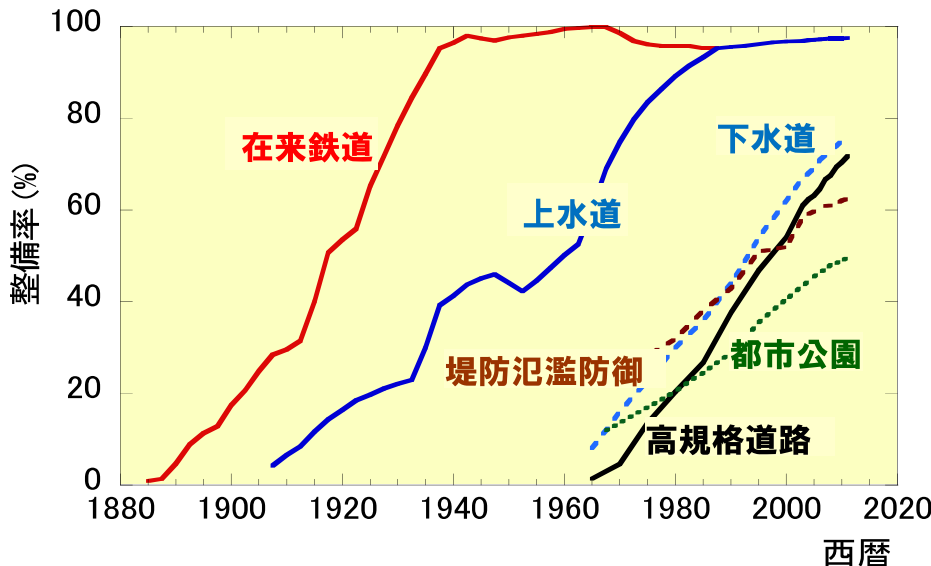


- ・ 付随作業 → デジタル機器, サポート人材等の導入で効率化
- ・ ムダ → 徹底して取り除く (省く)

総時間を減らしつつ, 付加価値作業に費やす時間を増やすことができる。

43

ICTの導入意義：技術者の技術力の視点から



設計の体系化
基準の設定
施工のマニュアル化

↓
効率的なインフラ整備の仕組み

↓
工事方法の固定化

↓
技術者の技術力の低下

技術者の技術力とは

計画外, 予定外, 未知なる事象に適切に対応する力

付加価値の高い現場での仕事への集中による豊富な経験と知識
ICT, AI等の先端技術の活用による的確な状況認識と意思決定

これからの技術者に求められる素養

44

まとめにかえて

建設業界は確実に動き出している。

将来、確実に訪れる問題を克服するための体制を整える絶好の機会を得ている。

このチャンスを活かし、建設改革を進めることのできる時代にあることを強く感じる。

建設でも、失敗を責めるのではなく、挑戦を評価する文化の醸成が重要。

発注者が、「楽に質の高い仕事をするために」というスタンスでのチャレンジがきわめて重要では。

45

Be uniform !



Be different !

46