

施工へのICTの活用について (i-Construction ~ICT土工~)

国土交通省 総合政策局

公共事業企画調整課

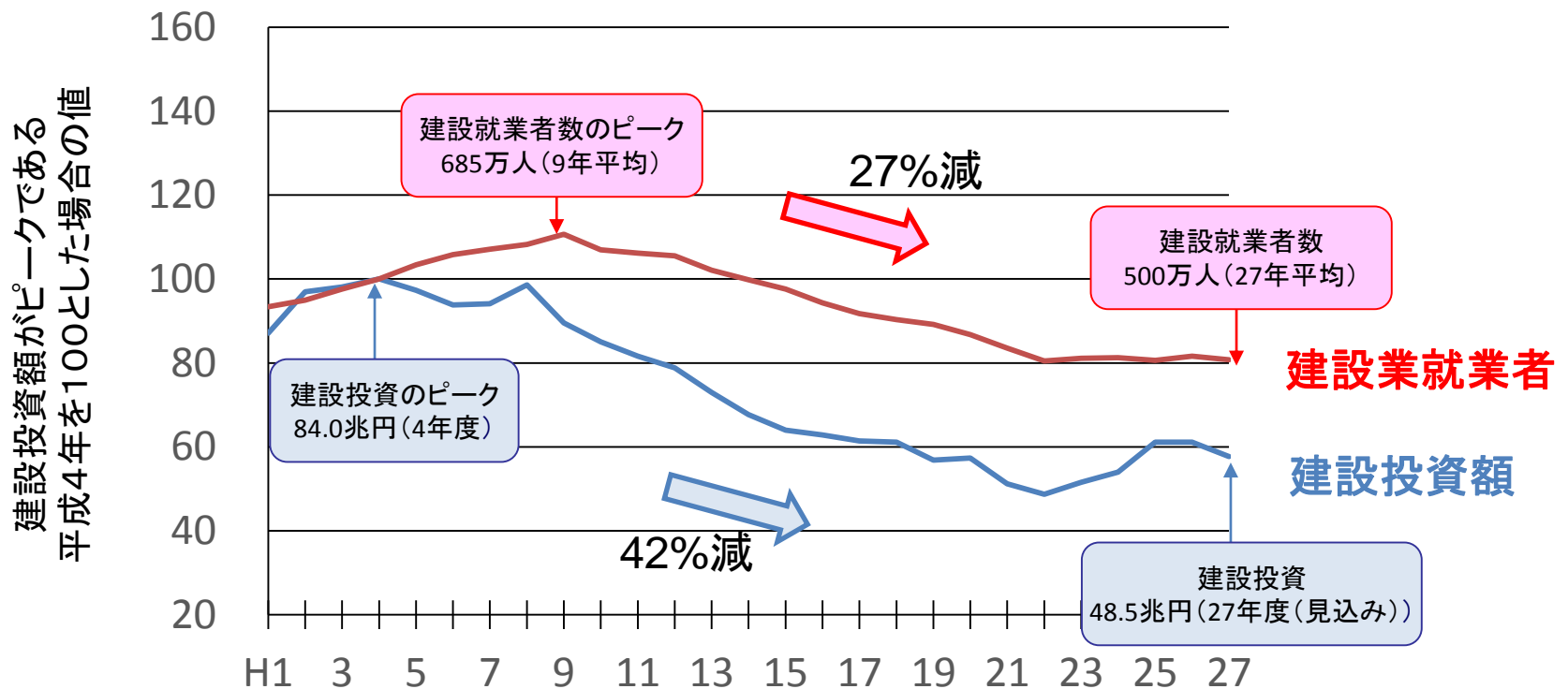
施工安全企画室長 宮武 一郎

1. i-Constructionの背景
2. 建設機械と施工技術の変遷
3. i-Construction (ICT土工)
4. 施工事例
5. 今後の展開

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。

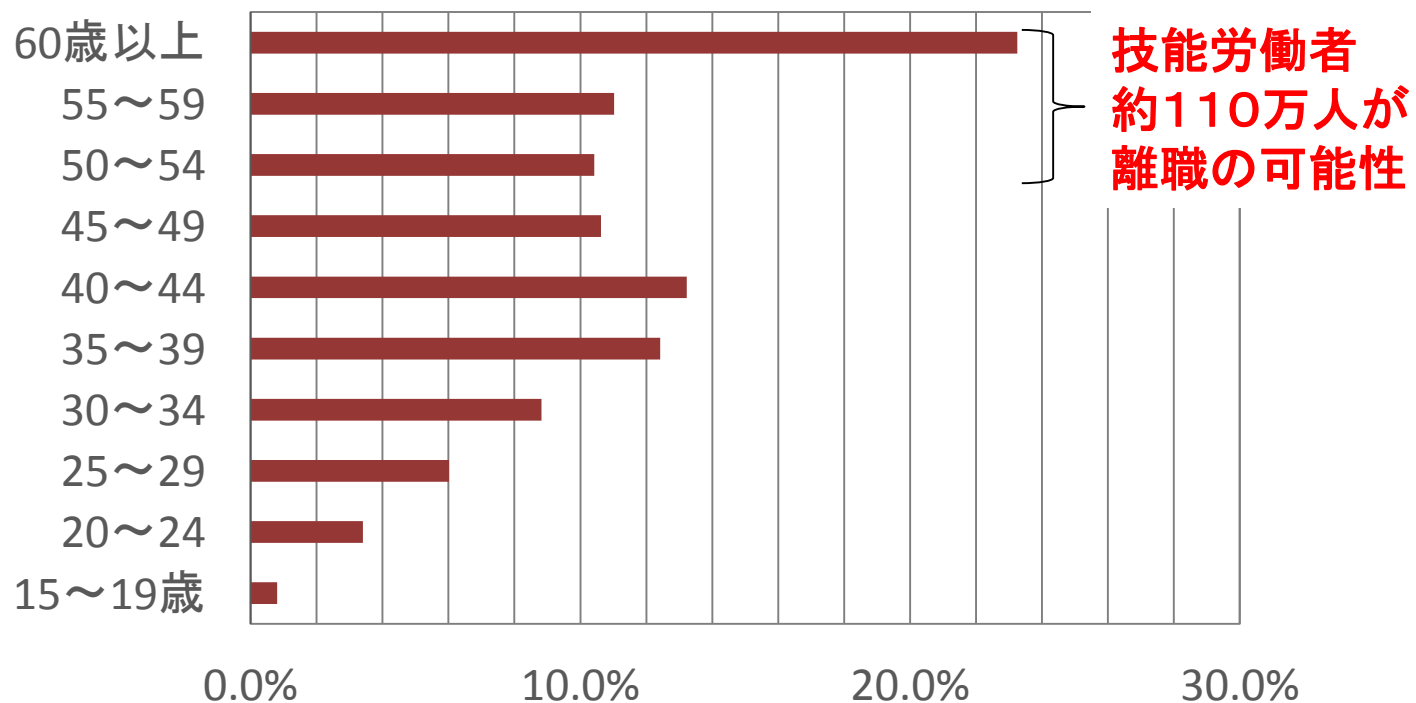
建設投資額および建設業就業者の増減



労働力過剰時代から労働力不足時代への変化

- 技能労働者約340万人のうち、今後10年間で約110万人が高齢化等により離職の可能性
- 若年者の入職が少ない(29歳以下は全体の約1割)

2014年度 就業者年齢構成

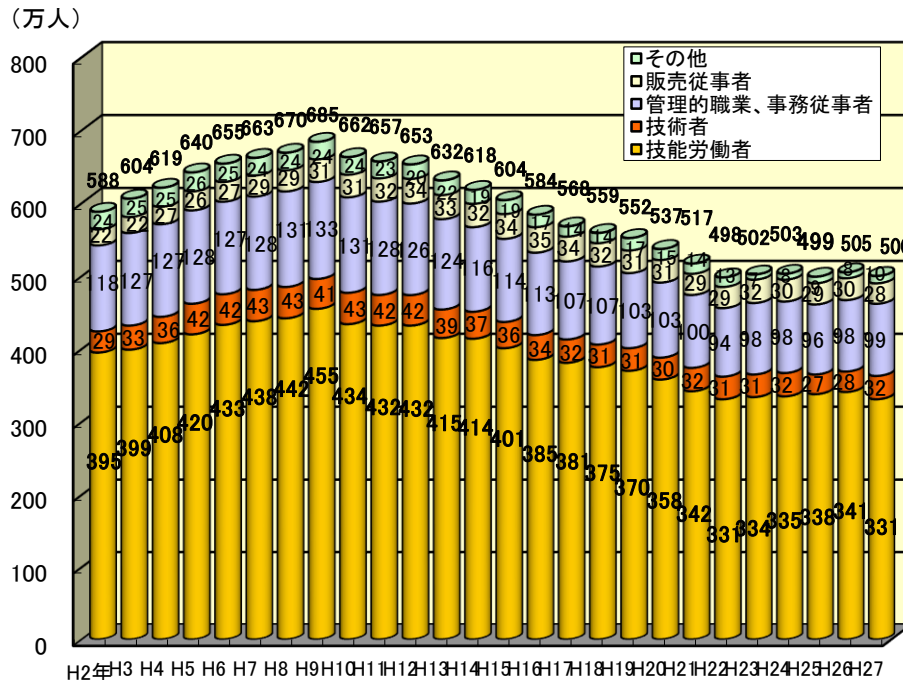


出典: 2015年(一社)日本建設業連合会「再生と進化に向けて」より作成

労働力過剰時代から労働力不足時代への変化

技能労働者等の推移

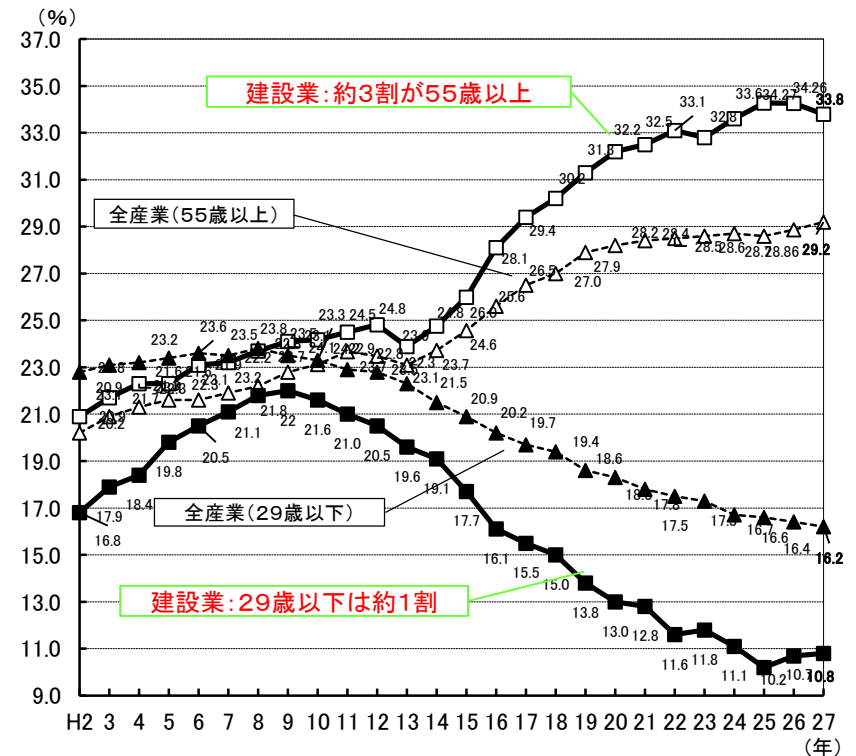
- 建設業就業者： 685万人(H9) → 498万人(H22) → 500万人(H27)
- 技術者： 41万人(H9) → 31万人(H22) → 32万人(H27)
- 技能労働者： 455万人(H9) → 331万人(H22) → 331万人(H27)



出典：総務省「労働力調査」(暦年平均)を基に国土交通省で算出
 (※平成23年データは、東日本大震災の影響により推計値。)

建設業就業者の高齢化の進行

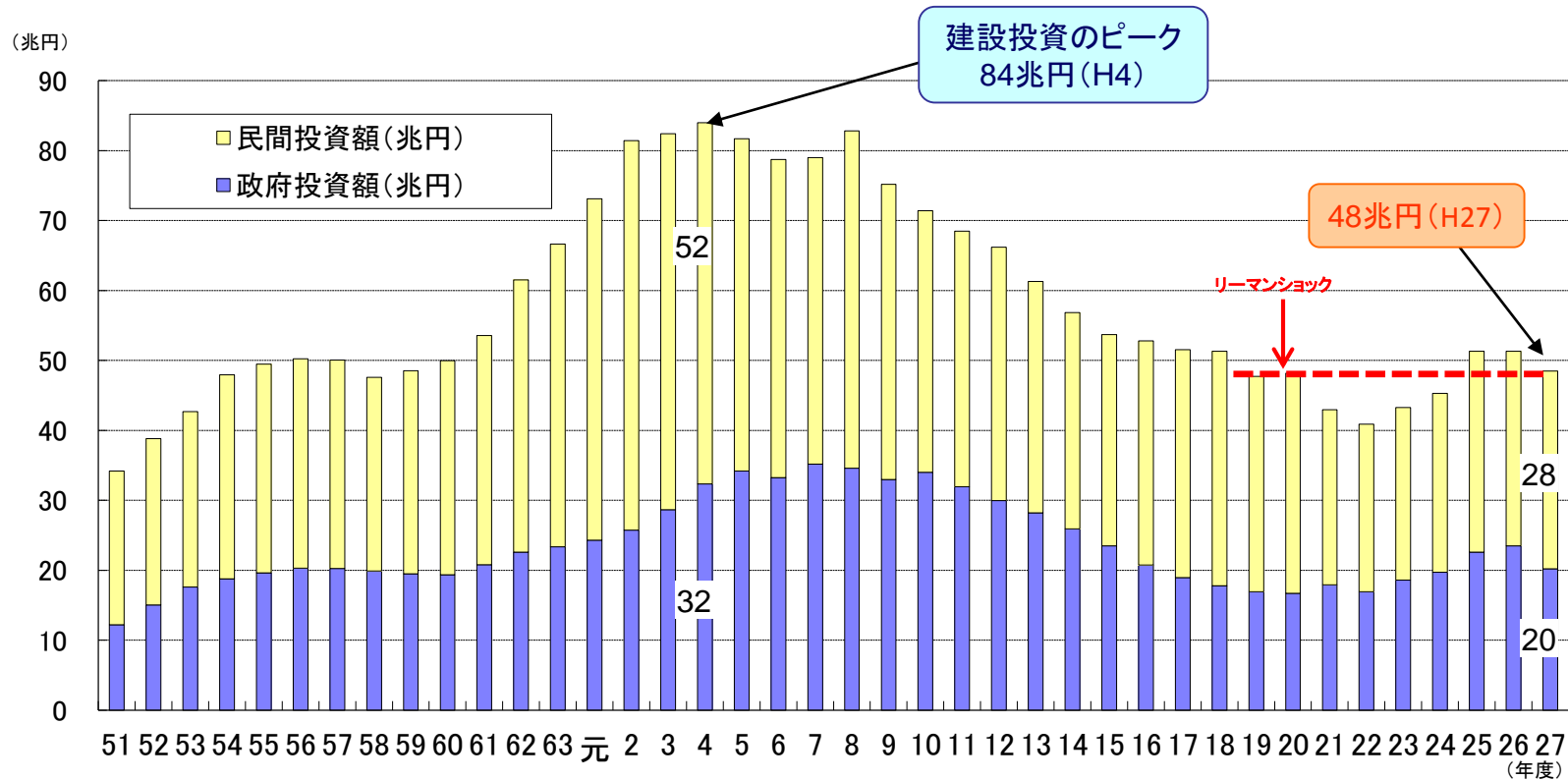
- 建設業就業者は、55歳以上が約34%、29歳以下が約11%と高齢化が進行し、次世代への技術承継が大きな課題。
- ※実数ベースでは、建設業就業者数のうち平成26年と比較して55歳以上が約4万人減少、29歳以下は同程度(平成27年)



出典：総務省「労働力調査」を基に国土交通省で算出

安定的な経営環境（1）

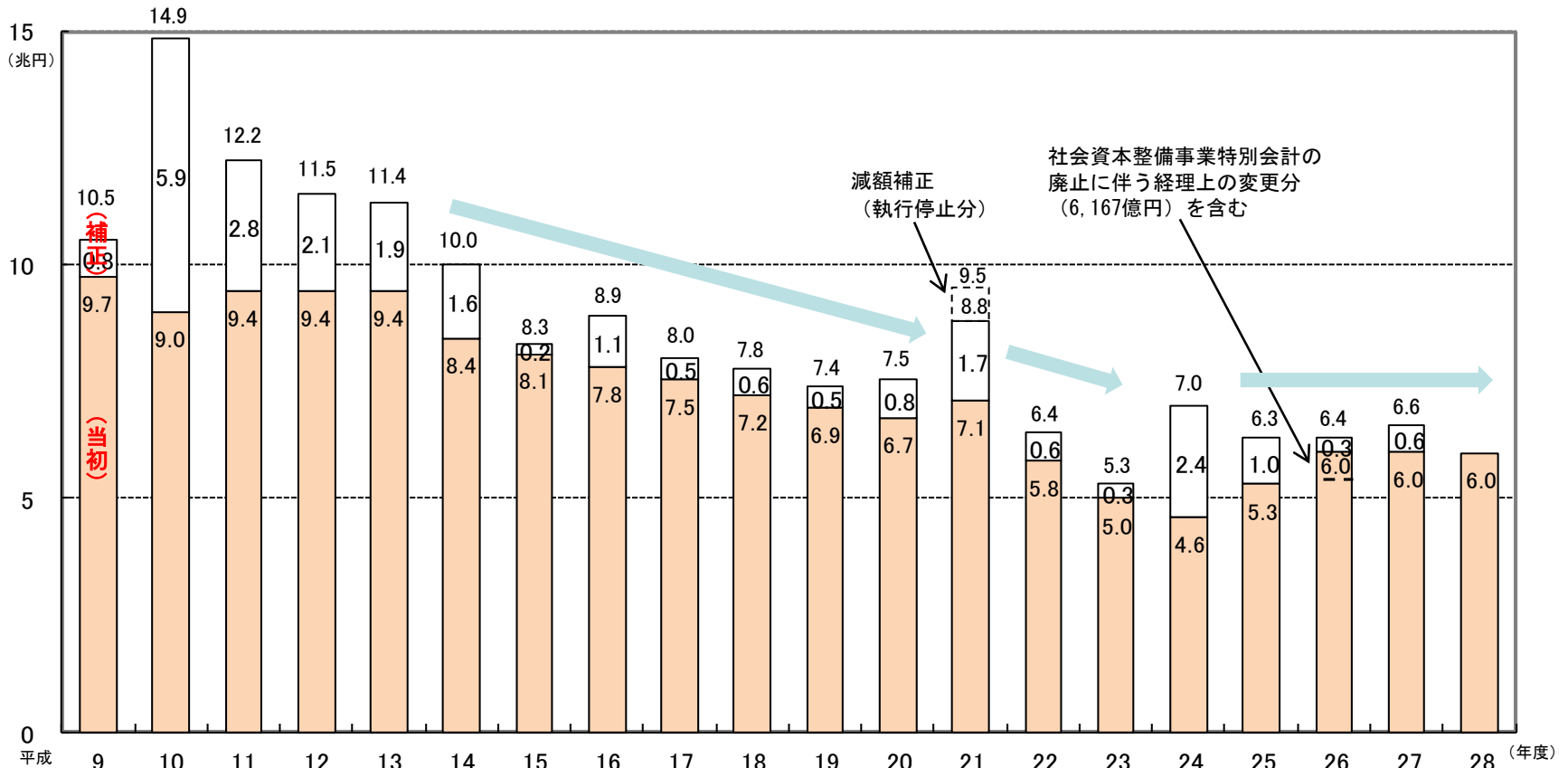
- 我が国の今年度の建設投資額の見通しは、前年度と同程度の約48兆円。
- これは、ピークだった平成4年度の約84兆円の約6割の水準。



出典：2015年国土交通省建設投資見通し

注 投資額については平成24年度まで実績、25年度・26年度は見込み、27年度は見通し

安定的な経営環境（2）



※本表は、予算ベースである。

※平成21年度は、平成20年度で特別会計に直入されていた「地方道路整備臨時交付金」相当額(0.7兆円)が一般会計上に切り替わったため、見かけ上は前年度よりも増加(+5.0%)しているが、この特殊要因を除けば6.4兆円(▲5.2%)である。

※平成23年度及び平成24年度については同年度に地域自主戦略交付金へ移行した額を含まない。

※平成25年度は東日本大震災復興特別会計繰入れ(356億円)及び国有林野特別会計の一般会計化に伴い計上されることとなった直轄事業負担金(29億円)を含む。また、これら及び地域自主戦略交付金の廃止という特殊要因を考慮すれば、対前年度+182億円(+0.3%)である。

※平成23~28年度において、東日本大震災の被災地の復旧・復興や全国的な防災・減災等のための公共事業関係予算を計上しており、その額は以下の通りである。

H23一次補正: 1.2兆円、H23三次補正: 1.3兆円、H24当初: 0.7兆円、H24一次補正: 0.01兆円、H25当初: 0.8兆円、H25一次補正: 0.1兆円、H26当初: 0.9兆円、H26補正: 0.002兆円、H27当初: 1.0兆円、H28当初: 0.9兆円（平成23年度3次補正までは一般会計ベース、平成24年度当初以降は東日本大震災復興特別会計ベース。また、このほか東日本大震災復興交付金がある。）

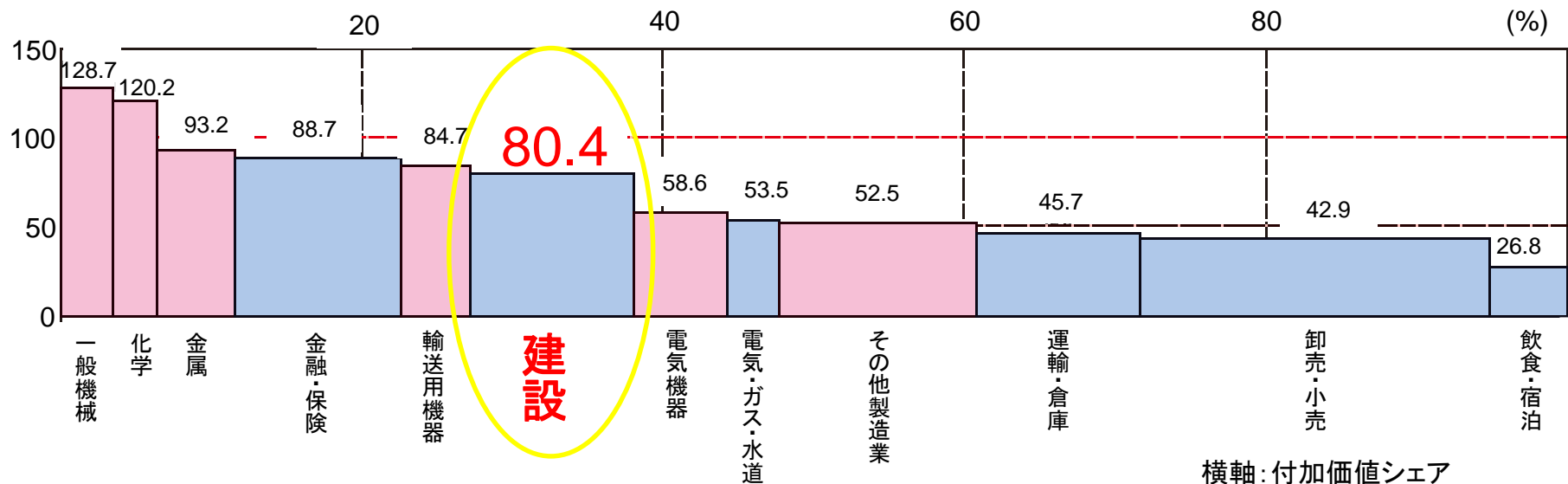
※平成26年度については、社会資本整備事業特別会計の廃止に伴う経理上の変更分(これまで同特別会計に計上されていた地方公共団体の直轄事業負担金等を一般会計に計上)を除いた額(5.4兆円)と、前年度(東日本大震災復興特別会計繰入れ(356億円)を除く。)を比較すると、前年度比+1,022億円(+1.9%)である。なお、消費税率引き上げの影響を除けば、ほぼ横ばいの水準である。

生産性向上の絶好のチャンス(1)

□ 生産性向上が遅れている土工等の建設現場

建設業は対米国比で、8割程度。

縦軸：労働生産水準（米国=100）
（2003年から2006年の平均）



備考：製造業は赤、非製造業は青で色づけしている。
資料：EU KLEMSから作成。

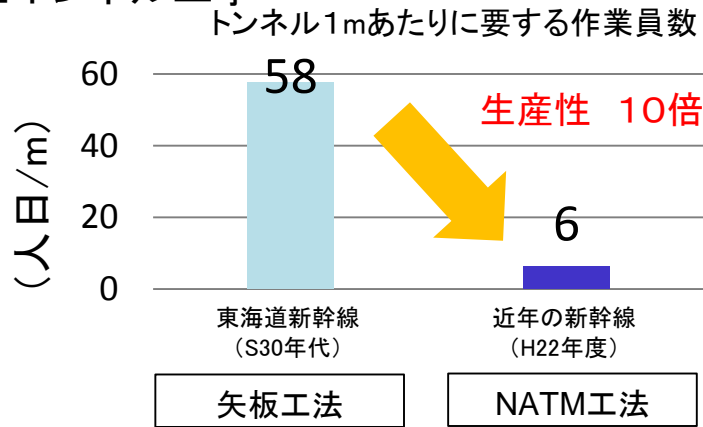
横軸：付加価値シェア
（2003年から2006年の平均）

i-Constructionの背景⑦

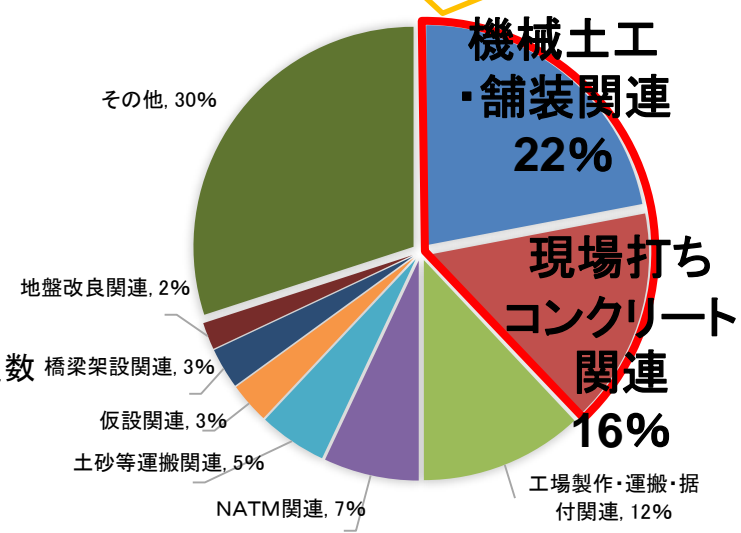
生産性向上の絶好のチャンス(2)

○ 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)

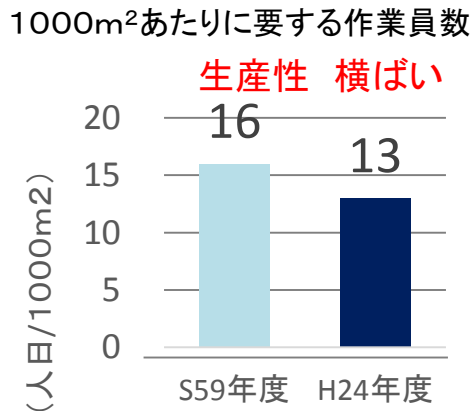
■ トンネル工事



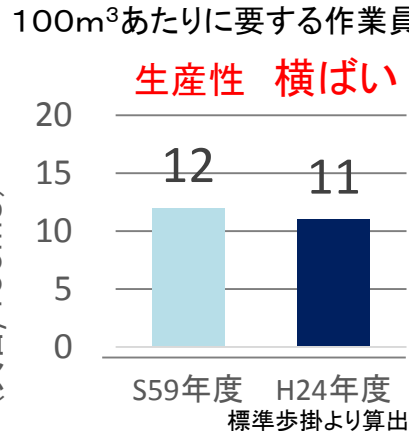
「機械土工・舗装関連」及び「現場打ちコンクリート関連」で全体の約40%



■ 土工



■ コンクリート工



H24国土交通省発注工事実績

建設機械と施工技術の変遷

建設機械と施工技術の変遷①

1950年代

ニーズと主な出来事

機械力の導入



- 建設機械の大型化
- 耐久性向上

技術革新

建設機械化技術の普及

建設機械の大型化

油圧制御技術の開発

1960年代

建設機械の普及



- 油圧式建設機械
(バックホウ、ブルドーザ、トラクタショベル)の普及

現状の建設機械の形式
が定着



1970年代

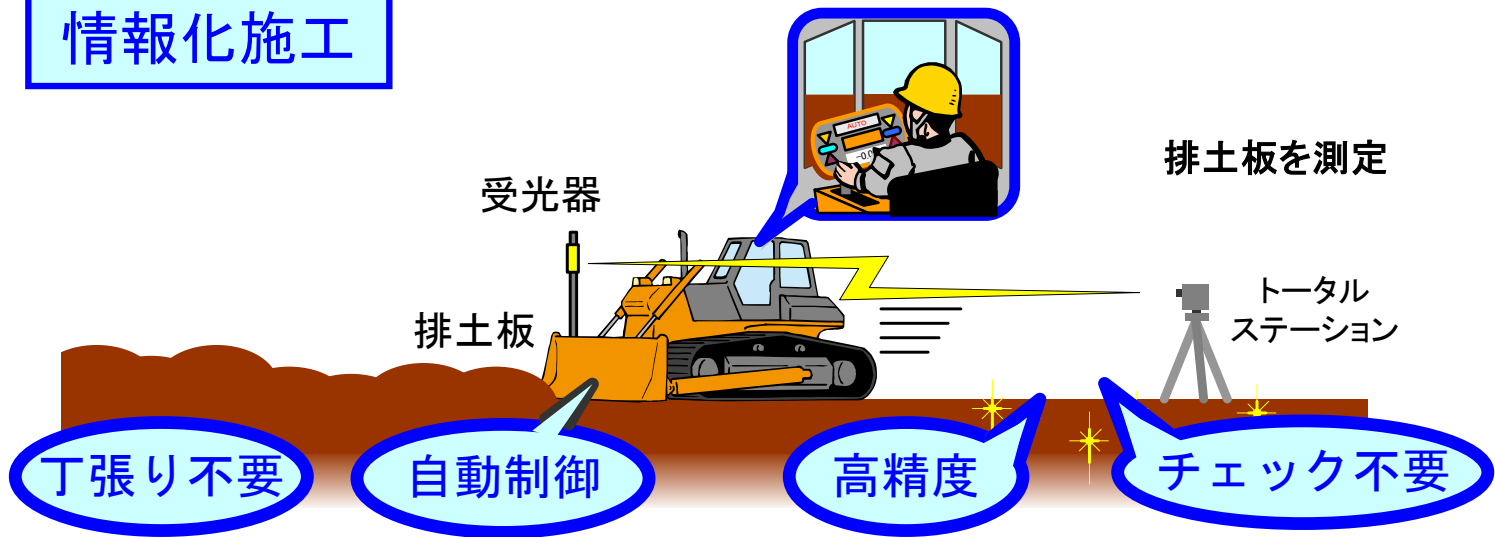
建設機械と施工技術の変遷②

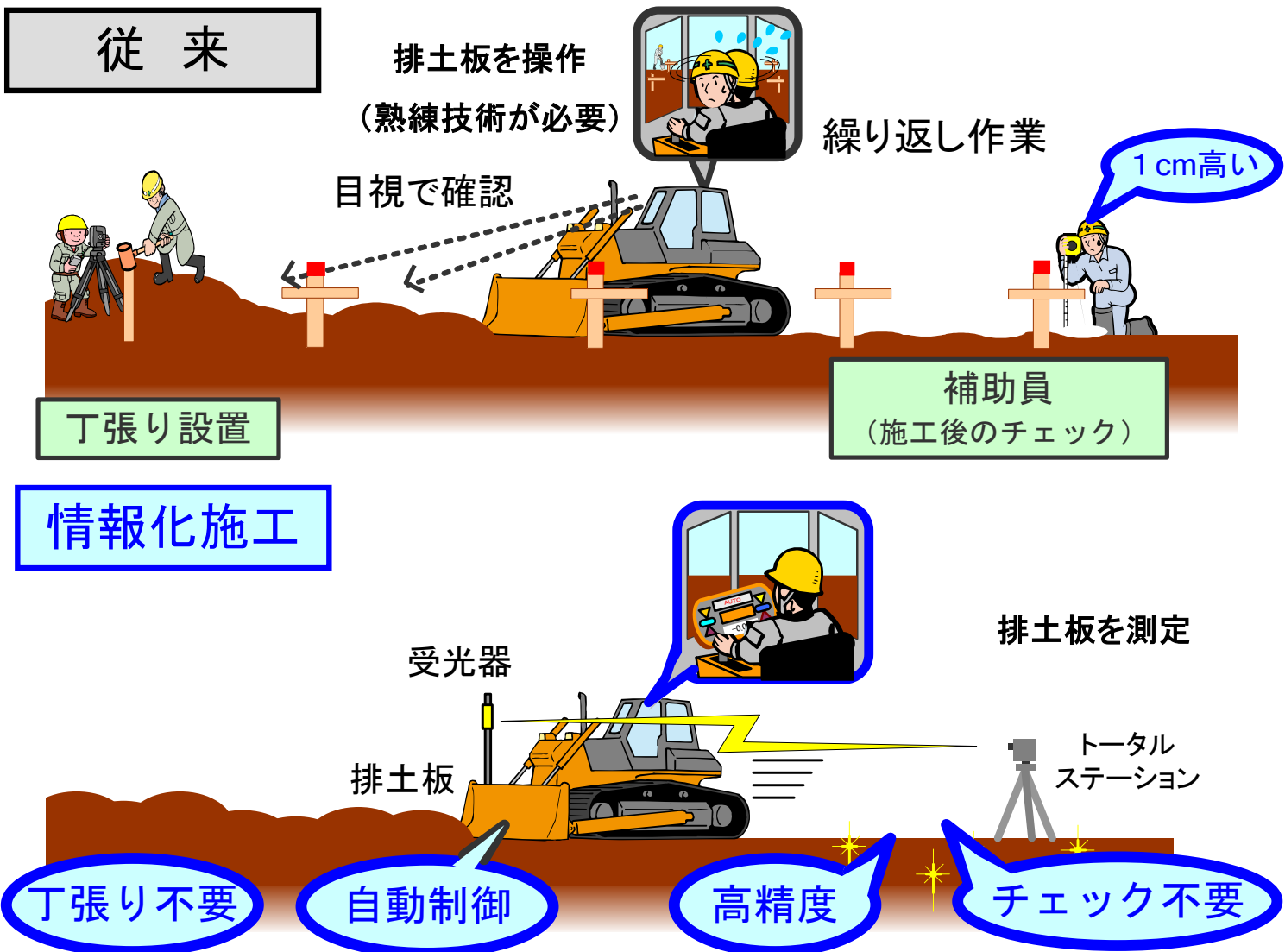


建設機械と施工技術の変遷③



情報化施工

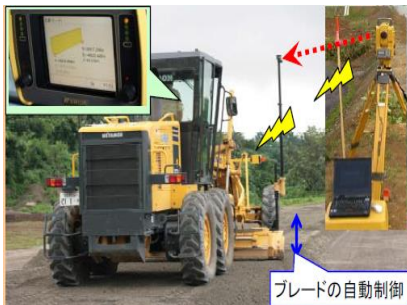




情報化施工の役割等

- ICTを用いて**建設機械の自動化**を図る機能, 役割。
- 施工で得られる精緻で質のよい情報を技術者に提供し的確な判断を引き出すという**技術者判断の支援**の役割

①マシンコントロール(MC)技術



TSやGNSSにより機械の位置を取得し、施工箇所の設計データ(施工目標)と建設機械の排土板等(写真の場合、グレーダのブレード)の位置(施工状況)の差分に基づき、排土板等の高さ・勾配を自動制御する

②マシンガイダンス(MG)技術



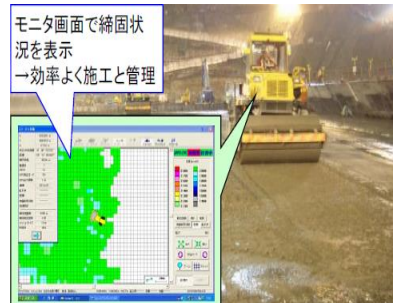
TSやGNSSにより機械の位置を取得し、施工箇所の設計データ(施工目標)と建設機械の排土板等(写真の場合、バックホウのバケット)の位置(施工状況)との差分を運転席モニターへ提供する

③TSによる出来形管理技術



設計データを搭載したTSを用いて出来形計測を行い、自動で設計データと出来形データとの差分を算出する
また、自動で出来形管理帳票を作成する

④ TS/GNSSによる締固め管理技術



TSやGNSSにより締固め機械の位置を取得し、走行軌跡や締固め回数をリアルタイムに運転席モニターへ提供する

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



③ICT建設機械による施工

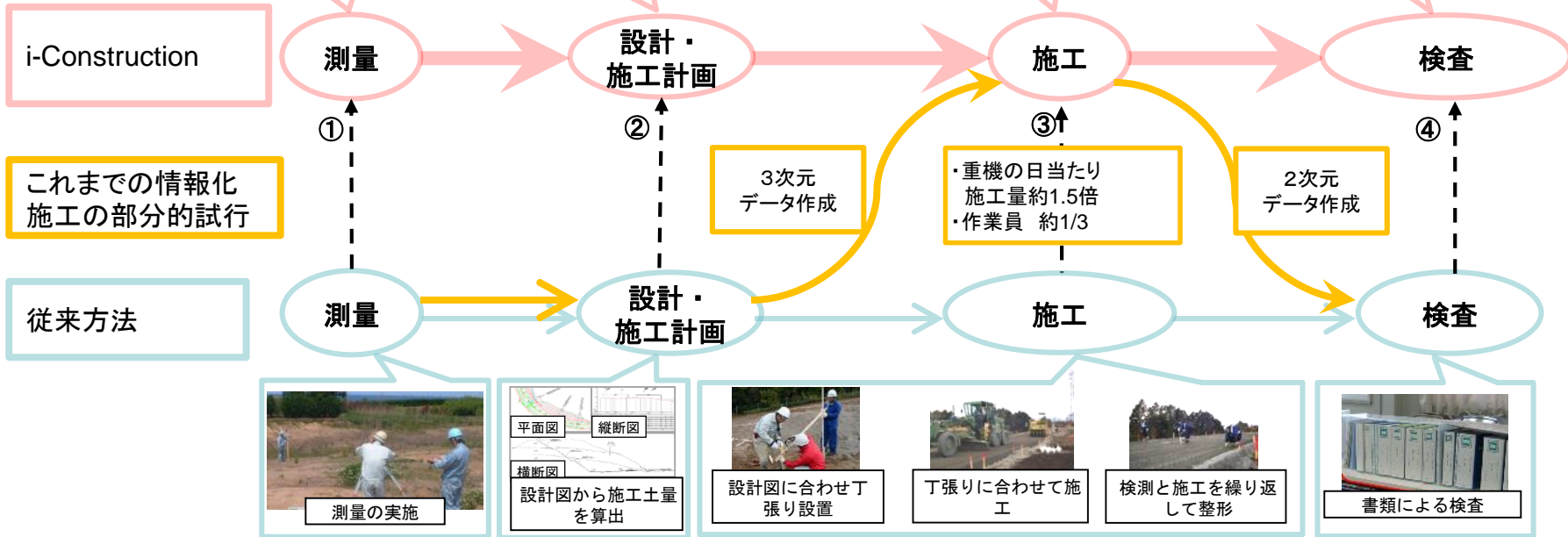
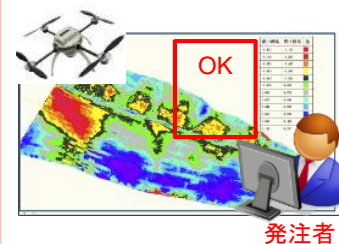
3次元設計データ等により、ICT建設機械を自動制御し、建設現場のIoT(*)を実施。



*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。



i-Construction (ICT土工)

今こそ生産性向上のチャンス

□労働力過剰を背景とした生産性の低迷

- ・バブル崩壊後、建設投資が労働者の減少を上回って、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。

□生産性向上が遅れている土工等の建設現場

- ・ダムやトンネルなどは、約30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)(生産性は、対米比で約8割)

□依然として多い建設現場の労働災害

- ・全産業と比べて、2倍の死傷事故率(年間労働者の約0.5%(全産業約0.25%))

□予想される労働力不足

- ・技能労働者約340万人のうち、約110万人の高齢者が10年間で離職の予想

- ・労働力過剰時代から労働力不足時代への変化が起こると予想されている。
- ・建設業界の世間からの評価が回復および安定的な経営環境が実現し始めている今こそ、抜本的な生産性向上に取り組む大きなチャンス

プロセス全体の最適化

□ICT技術の全面的な活用

- ・調査・設計から施工・検査、さらには維持管理・更新までの全てのプロセスにおいてICT技術を導入

□規格の標準化

- ・寸法等の規格の標準化された部材の拡大

□施工時期の平準化

- ・2ヶ年国債の適正な設定等により、年間を通じた工事件数の平準化

プロセス全体の最適化へ

従来 : 施工段階の一部

今後 : 調査・設計から施工・検査、さらには維持管理・更新まで

i-Constructionの目指すもの

- 一人一人の生産性を向上させ、企業の経営環境を改善
- 建設現場に携わる人の賃金の水準の向上を図るなど魅力ある建設現場に
- 死亡事故ゼロを目指し、安全性が飛躍的に向上

(1) トップランナー施策

①ICTの全面的な活用 (ICT土工)

②全体最適の導入 (コンクリート工の規格の標準化等)

③施工時期の平準化

(2) トップランナー施策から全ての建設現場へ

トップランナー施策の知見などを踏まえ、ICTの全面的な活用では、土工以外の浚渫工等へ拡大する等、全ての建設現場でi-Constructionの取組を浸透

①ドローン等による3次元測量

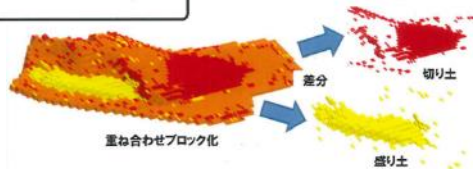


ドローン等による写真測量等により、短時間で面的(高密度)な3次元測量を実施。

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

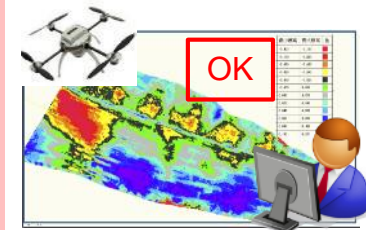
3次元設計データ等により、ICT建設機械を自動制御し、建設現場のIoT(*)を実施。



*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

i-Construction

測量

設計・
施工計画

施工

検査

これまでの情報化施工の部分的試行

①

②

3次元
データ作成

③

・重機の日当たり
施工量約1.5倍
・作業員 約1/3

2次元
データ作成

④

従来方法

測量

設計・
施工計画

施工

検査



測量の実施



設計図から施工土量を算出



設計図に合わせて丁張り設置



丁張りに合わせて施工



検測と施工を繰り返して整形



書類による検査

(1) ICTの全面的な活用にあたっての課題

- ① 監督・検査基準等の未整備
- ② ICT建機の普及が不十分

(2) 直ちに取り組むべき事項

- ① 新基準の導入
- ② ICT土工に必要な企業の設備投資に関する支援
- ③ ICT土工に対応できる技術者・技能労働者の拡大
- ④ 技術開発等

○ 調査・測量、設計、施工、検査、維持管理・更新のあらゆる建設生産プロセスにおいてICT技術を全面的に導入するため、3次元データを一貫して使用できるよう、15の新基準を整備。

調査・
測量

設計

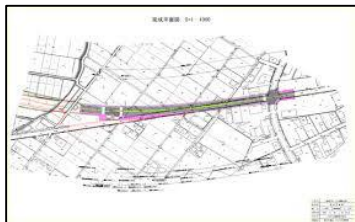
施工

検査

維持管理・
更新

測量成果

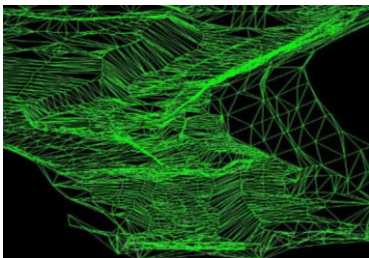
※UAVを用いた測量マニュアルの策定(従来)



(2次元の平面図)



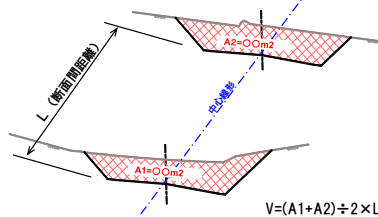
(改訂後)



(3次元測量点群データ)

発注のための施工量の算出

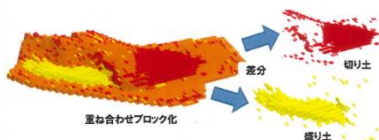
※土木工事数量算出要領(案)の改訂(従来) 平均断面法により施工土量を算出



(改訂後)



3次元測量点群データ(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。



検査方法

※監督・検査要領(土工編)(案)等の策定(従来)



(改訂後) 施工延長200mにつき1ヶ所検査



GNSSローバー

現地検査はTSやGNSSローバーを活用

UAVを用いて撮影した空中写真から3次元点群データを作成するための標準的な手法を定めた測量マニュアルを作成

① UAVを用いた写真測量を公共測量へ導入

狭い範囲の図面向け

従来の測量機器やGNSS
を利用した現地測量



← UAVを用いた写真測量 →



UAVの安全な飛行を確保するための安全基準(案)の公表もあわせて実施
※レーザ測量等に加え、ドローンによる3次元測量も可能に

広い範囲の図面向け

有人航空機を利用した
空中写真測量



② 公共測量の成果にUAV写真による3次元点群データを追加



従来の2次元図面



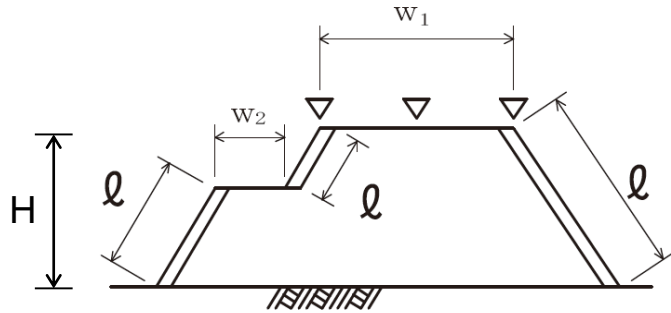
詳細な3次元点群データ

導入効果: 小回りがきくUAVや3次元化の自動ソフトの導入により、短時間で効率的に3次元点群データが作成可能

3次元計測により計測された3次元点群データによる効率的な出来形管理を導入

従来

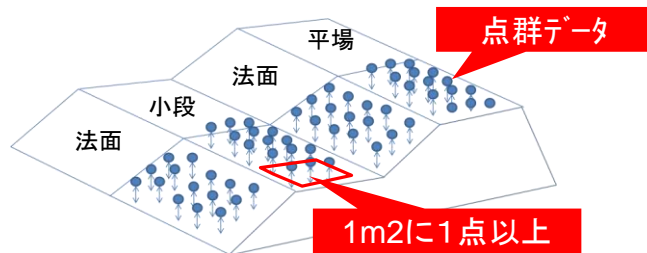
既存の出来形管理基準では、代表管理断面において高さ、幅、長さを測定し評価



＜例：道路土工（盛土工）＞
 測定基準：測定・評価は施工延長40m毎
 規格値：基準高(H)：±5cm
 法長(l)：-10cm
 幅(w)：-10cm

i-Construction

UAVの写真測量等で得られる3次元点群データからなる面的な竣工形状で評価



＜例：道路土工（盛土工）＞
 測定基準：測定密度は1点/m²以上、評価は平均値と全測点
 規格値：設計面との標高較差（設計面との離れ）
 平地 平均値：±5cm 全測点：±15cm
 法面 平均値：±8cm 全測点：±19cm
 ※法面には小段含む

従来と同等の出来形品質を確保できる面的な測定基準・規格値を設定

		名称	新規	改訂	本文参照先(URL)
調査・測量、設計	1	UAVを用いた公共測量マニュアル(案)	○		http://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/public/uav/index.html
	2	電子納品要領(工事及び設計)		○	http://www.cals-ed.go.jp/cri_point/ http://www.cals-ed.go.jp/cri_guideline/
	3	3次元設計データ交換標準(同運用ガイドラインを含む)	○		http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bunya/cals/de.s.html
施工	4	ICTの全面的な活用(ICT土工)の推進に関する実施方針	○		http://www.mlit.go.jp/common/001124407.pdf
	5	土木工事施工管理基準(案)(出来形管理基準及び規格値)		○	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou/pdf/280330kouji_sekoukanrikijun01.pdf
	6	土木工事数量算出要領(案)(施工履歴データによる土工の出来高算出要領(案)を含む)	○	○	http://www.nilim.go.jp/lab/pbg/theme/theme2/sr/suryo.htm http://www.mlit.go.jp/common/001124406.pdf
	7	土木工事共通仕様書 施工管理関係書類(帳票:出来形合否判定総括表)	○		http://www.nilim.go.jp/japanese/standard/form/index.html
	8	空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理要領(土工編)(案)	○		http://www.mlit.go.jp/common/001124402.pdf
	9	レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編)(案)	○		http://www.mlit.go.jp/common/001124404.pdf
検査	10	地方整備局土木工事検査技術基準(案)		○	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou.html
	11	既済部分検査技術基準(案)及び同解説		○	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou.html
	12	部分払における出来高取扱方法(案)		○	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou.html
	13	空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理の監督・検査要領(土工編)(案)	○		http://www.mlit.go.jp/common/001124403.pdf
	14	レーザースキャナーを用いた出来形管理の監督・検査要領(土工編)(案)	○		http://www.mlit.go.jp/common/001124405.pdf
	15	工事成績評定要領の運用について		○	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou.html
積算基準		ICT活用工事積算要領	○		http://www.mlit.go.jp/common/001124408.pdf

- ・ICT建機の普及に向け、ICT建機のリース料などに関する新たな積算基準を策定
- ・既存の施工パッケージ型の積算基準をICT活用工事用に係数等で補正する積算基準

※施工パッケージ型とは、直接工事費について施工単位ごとに機械経費、労務費、材料費を含んだ施工パッケージ単価を設定し積算する方式です。

《新たな積算基準のポイント》

①対象工種

- ・土工(掘削、路体(築堤)盛土、路床盛土)
- ・法面整形工

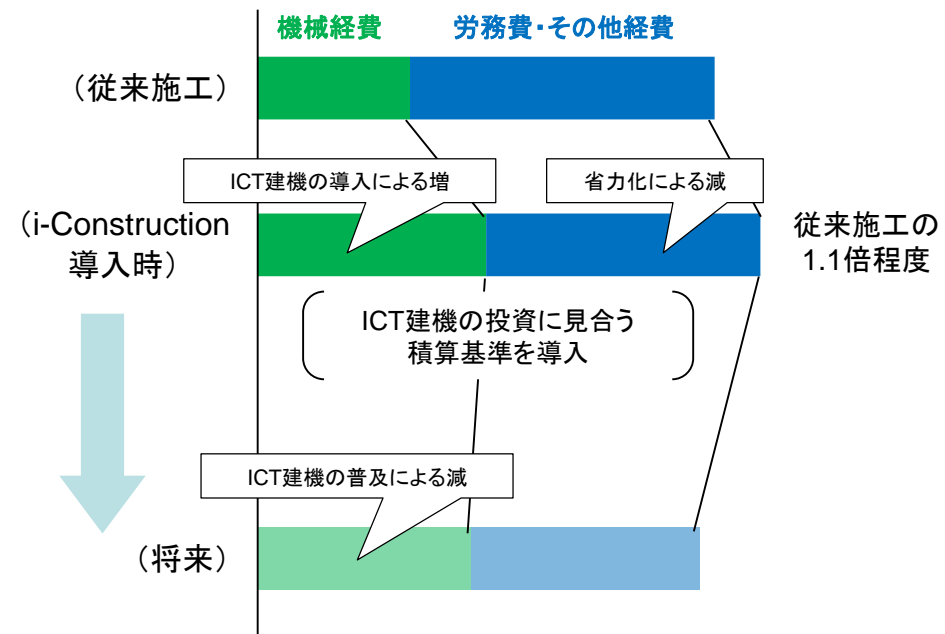
②新たに追加等する項目

- ・ICT建機のリース料
(従来建機からの増分)
- ・ICT建機の初期導入経費
(導入指導等経費を当面追加)

③従来施工から変化する項目

- ・補助労務の省力化に伴う減
- ・効率化に伴う日当たり施工量の増

路体(築堤)盛土(15,000m³)の場合の試算



※比較用の試算のため、盛土工のみで試算しています。実際の工事では、ICT建機で行わない土砂の運搬工等の工種を追加して工事発注がなされます。

○ ICTに対応できる技術者・技能労働者の育成、監督・検査職員の育成を目的に、全ての都道府県で講習・実習を実施。これまでに全国で13,000人が参加。

1. 施工業者向け講習・実習

目的: ICTに対応できる技術者・技能労働者育成

- ・3次元データの作成実習又は実演
- ・UAV等を用いた測量の実演
- ・公共測量マニュアルや監督・検査などの15基準の説明
- ・ICT建機による施工実演



2. 発注者(自治体等)向け講習・実習

目的: ①i-Constructionの普及
②監督・検査職員の育成

- ・GNSSローバ等を用いた検査の実地研修
- ・公共測量マニュアルや監督・検査などの15基準の説明

など



講習・実習の開催箇所は順次拡大予定

※平成28年7月末時点。

施工業者・発注者の両方を対象とする講習・実習は1箇所として計上

講習・実習開催予定箇所数		
施工業者向け	発注者(自治体等)向け	合計※
全国159箇所 (うち101箇所開催済)	全国209箇所 (うち142箇所開催済)	全国266箇所 (うち174箇所開催済)

施工業者向け講習・実習、発注者(自治体等)向け講習・実習ともに、年内に全国47都道府県を対象に開催予定

- ICTの全面的な活用(ICT土工)については、
 - 大企業を対象とする工事では、ICT活用施工を標準化し、
 - 地域企業を対象とする工事では「手上げ方式」(施工者からの提案)から順次標準化。

- ICT活用施工とは、下記に示す施工プロセスの各段階において、ICTを全面的に活用する工事。
 - ① 3次元起工測量
 - ② 3次元設計データ作成
 - ③ ICT建設機械による施工
 - ④ 3次元出来形管理等の施工管理
 - ⑤ 3次元データの納品

～土工工事の全てをICT活用施工対応工事へ～

基本的考え方

- 大企業を対象とする工事では、ICT活用施工を標準化
- 地域企業を対象とする工事では、「手上げ方式」(施工者からの提案)から順次標準化

1. 3つの方式で実施

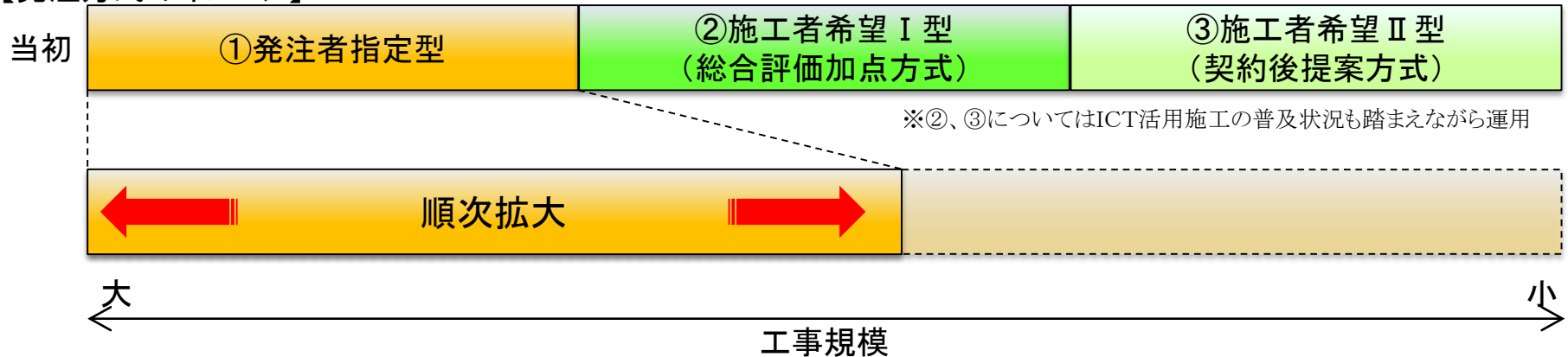
- ① 発注者指定型: ICT活用施工を前提として発注
- ② 施工者希望 I 型: 総合評価においてICT活用施工を加点評価
- ③ 施工者希望 II 型: 契約後、施工者からの提案・協議を経てICT活用施工を実施

2. 新設するICT活用工事積算を適用

※施工者希望 I・II 型は、施工者からの提案・協議を経て設計変更により適用

3. ICT活用施工を工事成績評価において評価

【発注方式のイメージ】



【平成28年度のICT土工の発注方針】

- 予定価3億円以上の大規模な工事は、ICT土工の実施を指定し発注。(発注者指定型)
- 3億円未満で土工量20,000m³以上の工事は入札時に総合評価で加点。(施工者希望Ⅰ型)
- 規模に関わらず、受注者の提案・協議によりICT土工を実施可能。(施工者希望Ⅱ型等)
- 全てのICT土工において、ICT建機等の活用に必要な費用を計上(ICT活用工事積算要領を適用)し、工事成績評点で加点評価。

※地域の状況によっては上記によらない場合がある

【平成28年度ICT土工の発注見通し】

9/20時点

	発注者指定型	施工者希望Ⅰ型	施工者希望Ⅱ型	合計
公告済み	41	172	443	656
うち契約済み	11	82	222	315
うちICT土工を実施	11	46	56	113
年間公告件数 (予定含む)	約50	約200	約490	約740

その他、受注者の提案・協議によりICT土工を実施(69件)

i-Constructionの第1号工事がスタート!

○北海道および北陸においてi-Construction対応型工事(以下、ICT土工)の第1号が開始

【ICT土工の第1号工事がスタート】

北海道開発局(道央圏連絡道路千歳市泉郷改良工事)及び北陸地方整備局(宮古弱小堤防対策工事)において、ICT土工の第1号工事がスタート。それぞれの工事でUAV(ドローン)による施工前の測量が行われ、この測量結果や設計の3次元データを用いてICT建機による土工を開始。

・道央圏連絡道路千歳市泉郷改良工事

UAVによる施工前の測量開始:5/10 ICT建機による土工開始:6/3

・宮古弱小堤防対策工事

UAVによる施工前の測量開始:5/23 ICT建機による土工開始:6/1

道央圏連絡道路 千歳市 泉郷改良工事 【北海道開発局】



UAV(ドローン)による施工前の測量(5月10日撮影)



ICTブルドーザによる敷均(6月7日撮影)

宮古弱小堤防対策工事 【北陸地整】



ICTバックホウによる表土剥ぎ取り(6月8日撮影)



モニターによる施工状況の確認(6月8日撮影)

現場の声



「UAV使用により起工測量の日数が約1週間から1日に短縮できた」
「ICT建機の活用で経験の浅いオペレーターでも精度よく施工ができる」
「埋設物がある場合でもモニターに表示され、安心して施工できる」

施工事例

いずみさと

道央圏連絡道路 千歳市 泉郷改良工事

工期：平成28年4月5日～平成29年2月15日

(余裕工期：平成28年3月24日～平成28年4月4日)

工事内容：

工事延長 L=480m

掘削工 V=1,400m³、載荷盛土 V=54,600m³、

固結工 V=2,000m³、軽量盛土 V=300m³、

場所打函渠工 L=14m、プレキャスト側溝 L=200m、

既製杭 N=20本、橋台躯体工 N=1基

受注業者：(株)砂子組

ICT土工に関する体制：

UAV測量・点群データ処理(～TIN作成まで)(外注)

3次元設計データ作成・出来形管理(自社企画営業部ICT施工推進室)

ICT建機(レンタル・ICT支援サービス付帯)

ICT土工の施工(自社)

施工事例(ICT土工フローチャート)

ICT土工の流れ

1. 3次元起工測量 (UAV測量)



2. 3次元設計データ作成

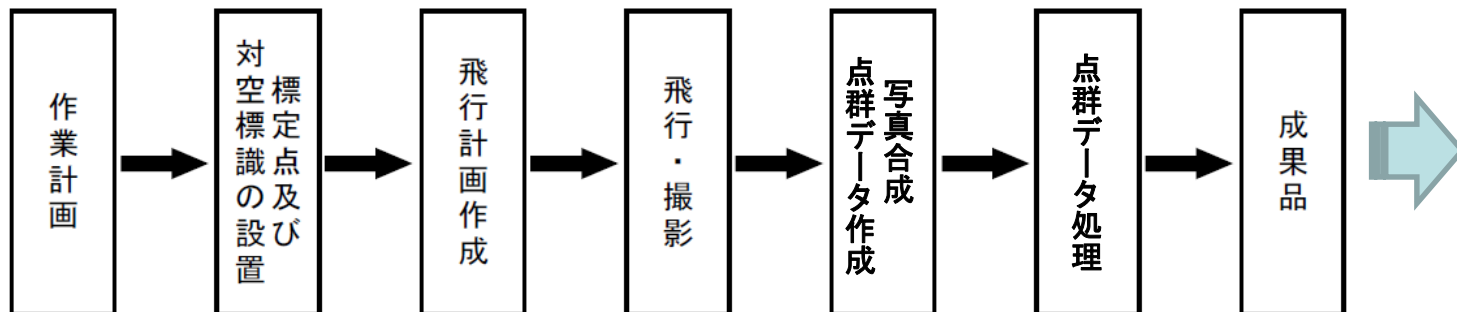


3. ICT建設機械による施工

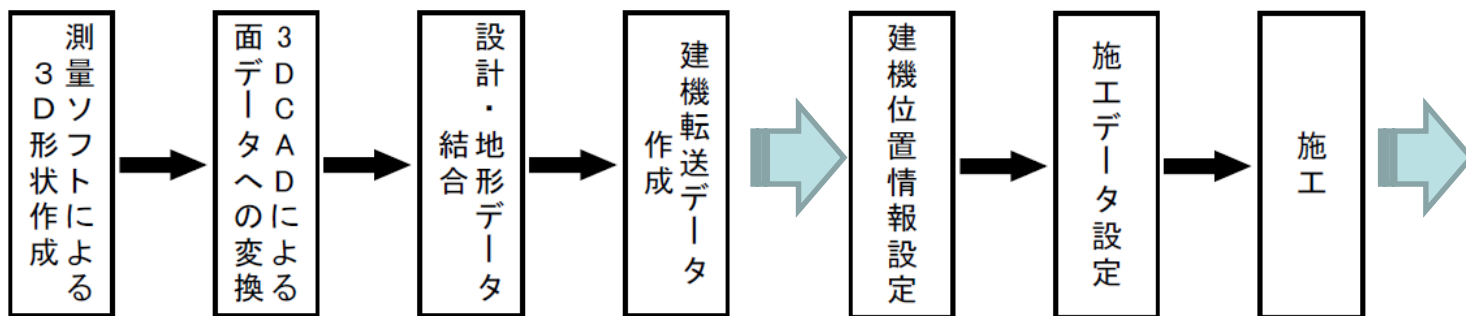


4. 3次元出来形管理等の施工管理 (UAV測量)

1. 3次元起工測量(UAV測量) フローチャート

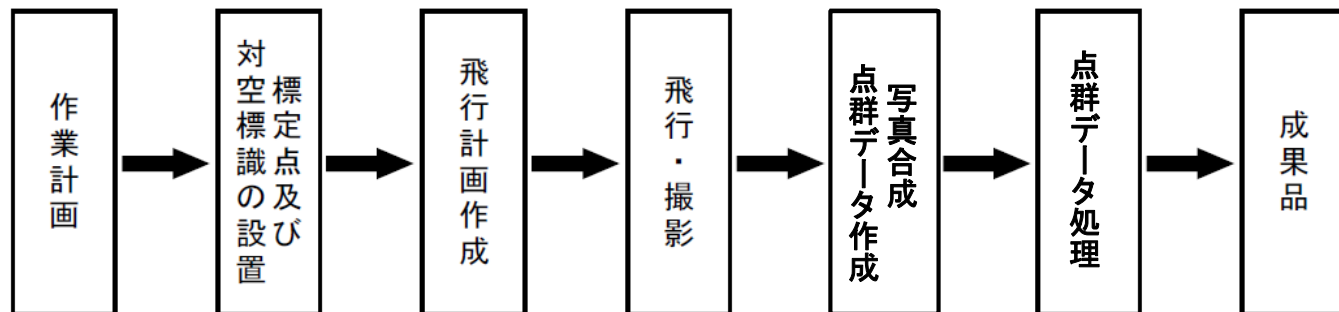


2. 3次元設計データ作成 フローチャート



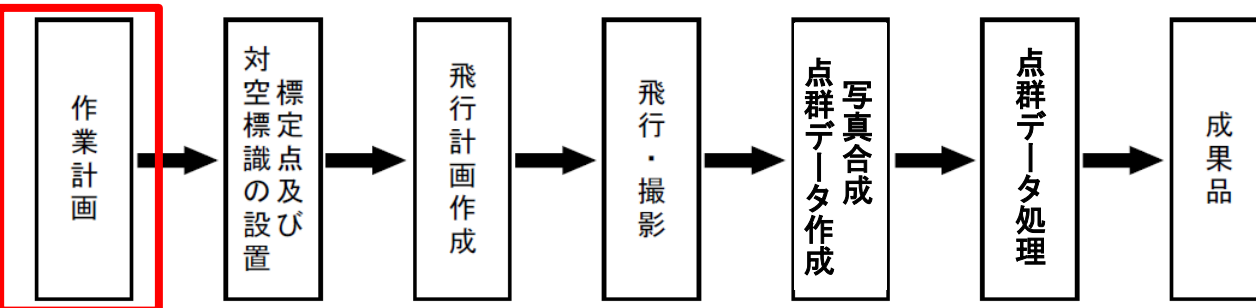
3. ICT建設機械による施工 フローチャート

4. 3次元出来形管理等の施工管理(UAV測量) フローチャート



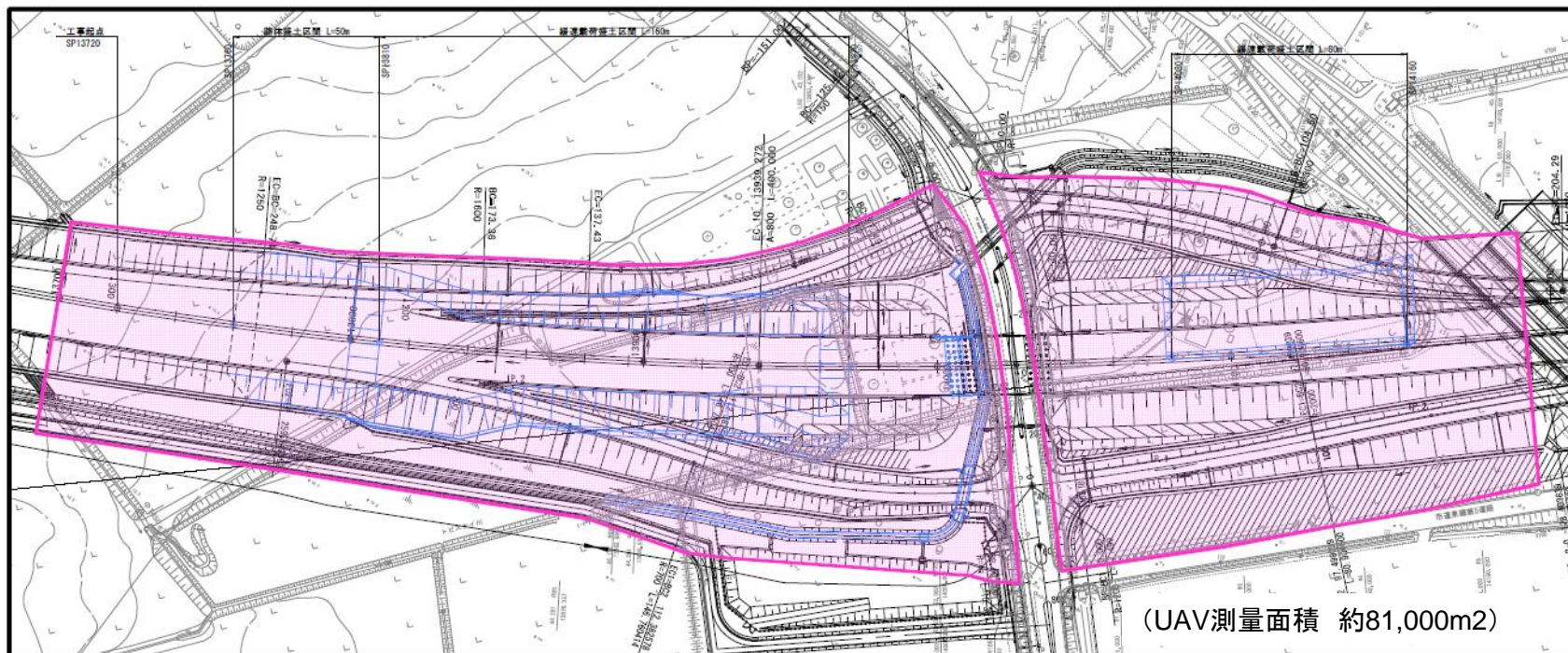
施工事例(3次元起工測量(UAV測量)①)

1. 3次元起工測量(UAV測量) フローチャート



【作業計画作成】

UAV測量に当たり、施工範囲(平面図)と現地踏査を基に、撮影箇所周辺の建造物・交通状況・電線及び高圧線の設置箇所・施工範囲または撮影範囲の確認及び作業計画を作成する。



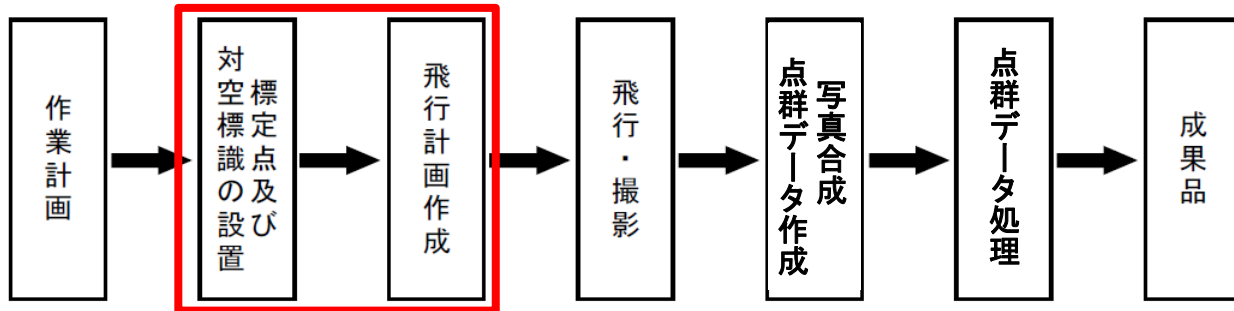
(UAV測量面積 約81,000m²)

撮影範囲

(撮影範囲は、土工の実施工範囲だけでなく、前後区間や周囲の用地境界等、やや広めの計画としている。)

施工事例(3次元起工測量(UAV測量)②)

1. 3次元起工測量(UAV測量) フローチャート



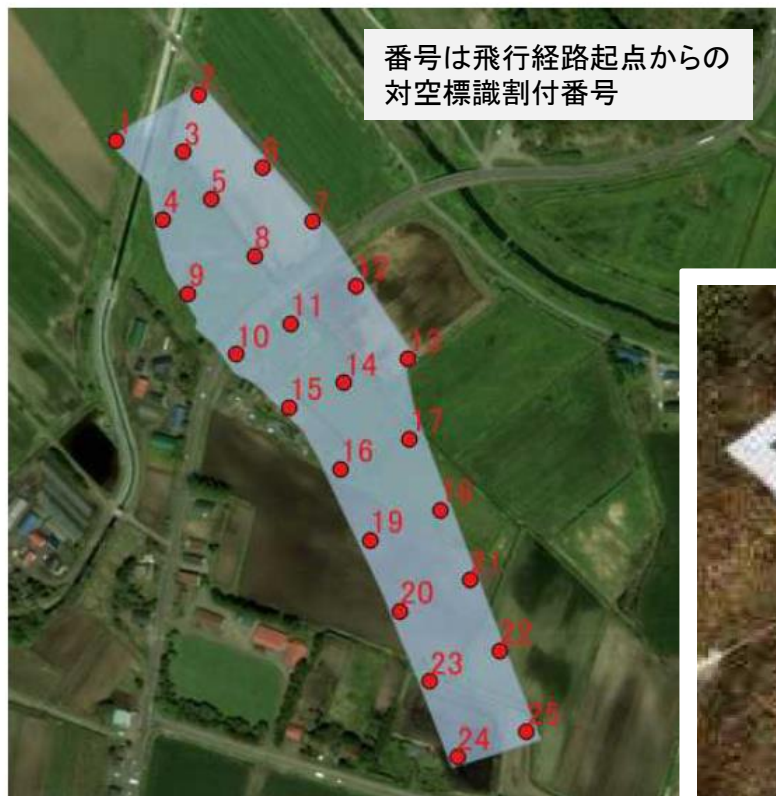
【標定点配置・対空標識設置】

標定点を施工範囲を参考に撮影範囲を取り囲むように配置し、GNSS測量機器を用いて標定点上に対空標識を設置する。

【飛行計画作成】

標定点配置計画を基にUAVの飛行経路を計画し、タブレットに入力する。飛行前に現地踏査を行い経路付近の建造物等を再確認し、必要に応じて計画修正する。

標定点 : 空中三角測量に必要となる水平位置及び標高の基準となる点
対空標識 : 標定点の写真座標を測定するため、標定点に設置する一時標識

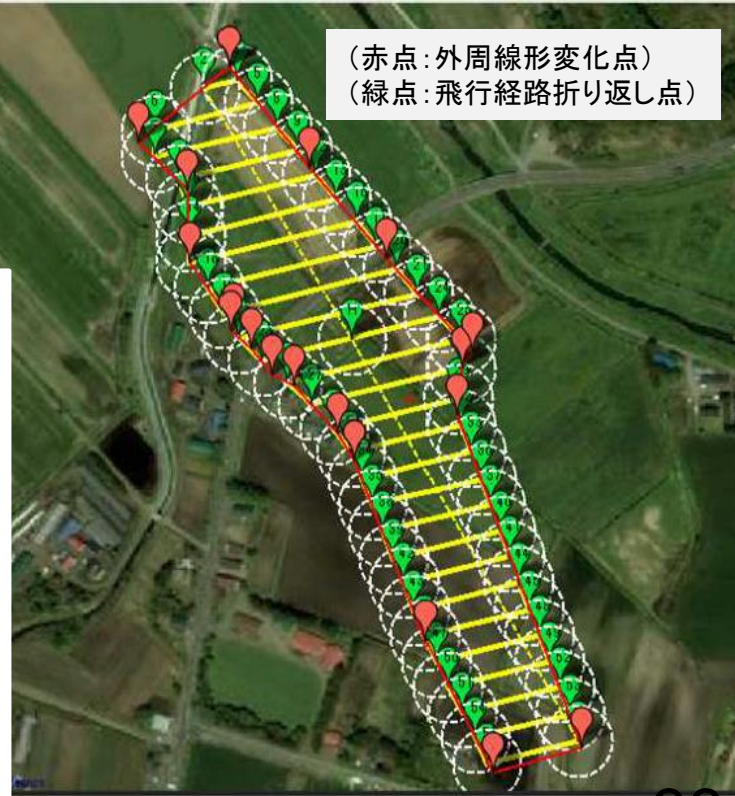


番号は飛行経路起点からの対空標識割付番号

標定点配置計画



対空標識サンプル

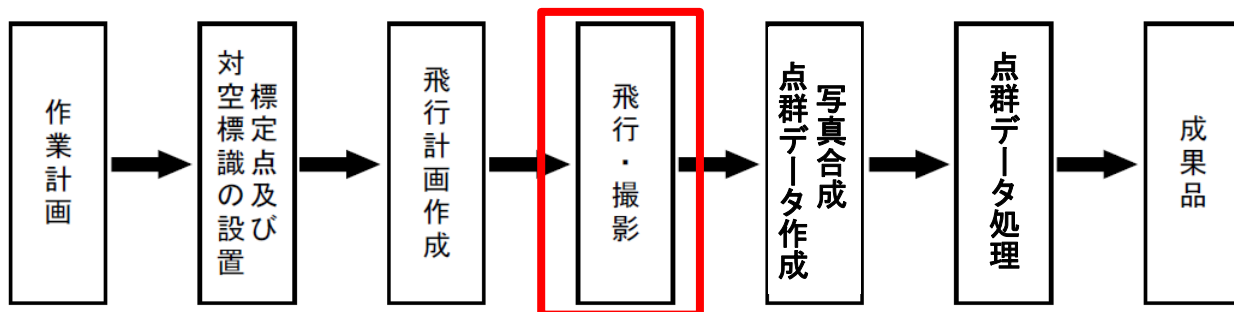


(赤点: 外周線形変化点)
(緑点: 飛行経路折り返し点)

飛行経路計画

施工事例(3次元起工測量(UAV測量)③)

1. 3次元起工測量(UAV測量) フローチャート



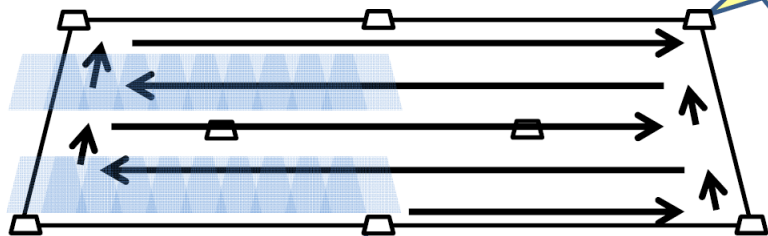
【飛行・撮影】

飛行は、タブレットに入力した飛行経路に従って自動航行される。操縦者は離着陸のみ操作し、飛行中は監視者(機体監視)、保安員(飛行経路逸脱時対処)が立ち会う。

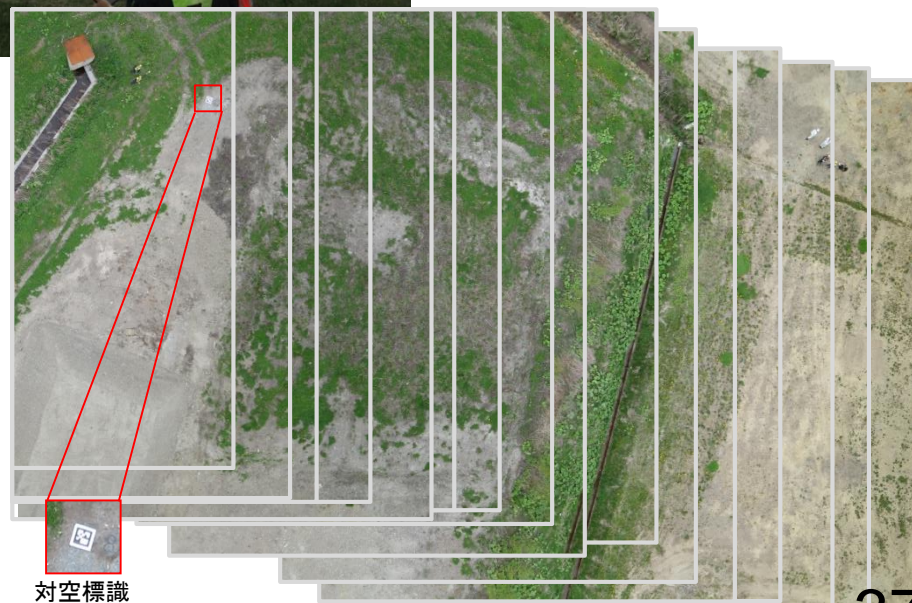
撮影はラップ範囲を設け、隙間なくデータを採取するため、測量範囲を折り返しながら連続撮影する。



進行方向: 90%オーバーラップ
横方向: 60%オーバーラップ



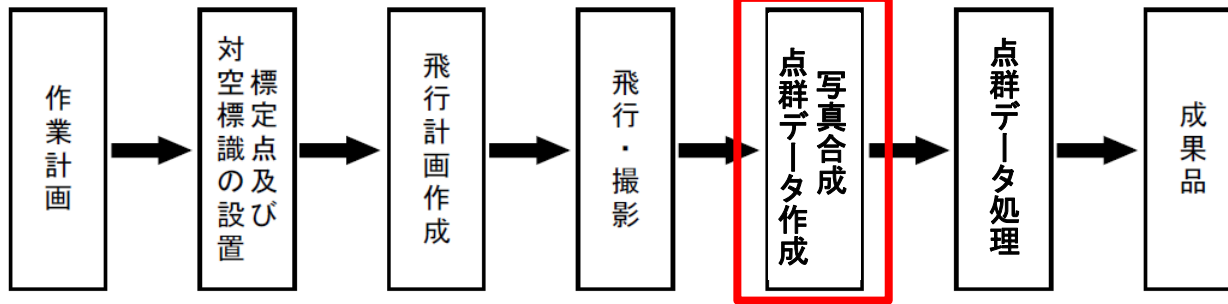
現場周辺と内部の既知点にターゲットを配置し、既知座標の参照点(GCP)とする。



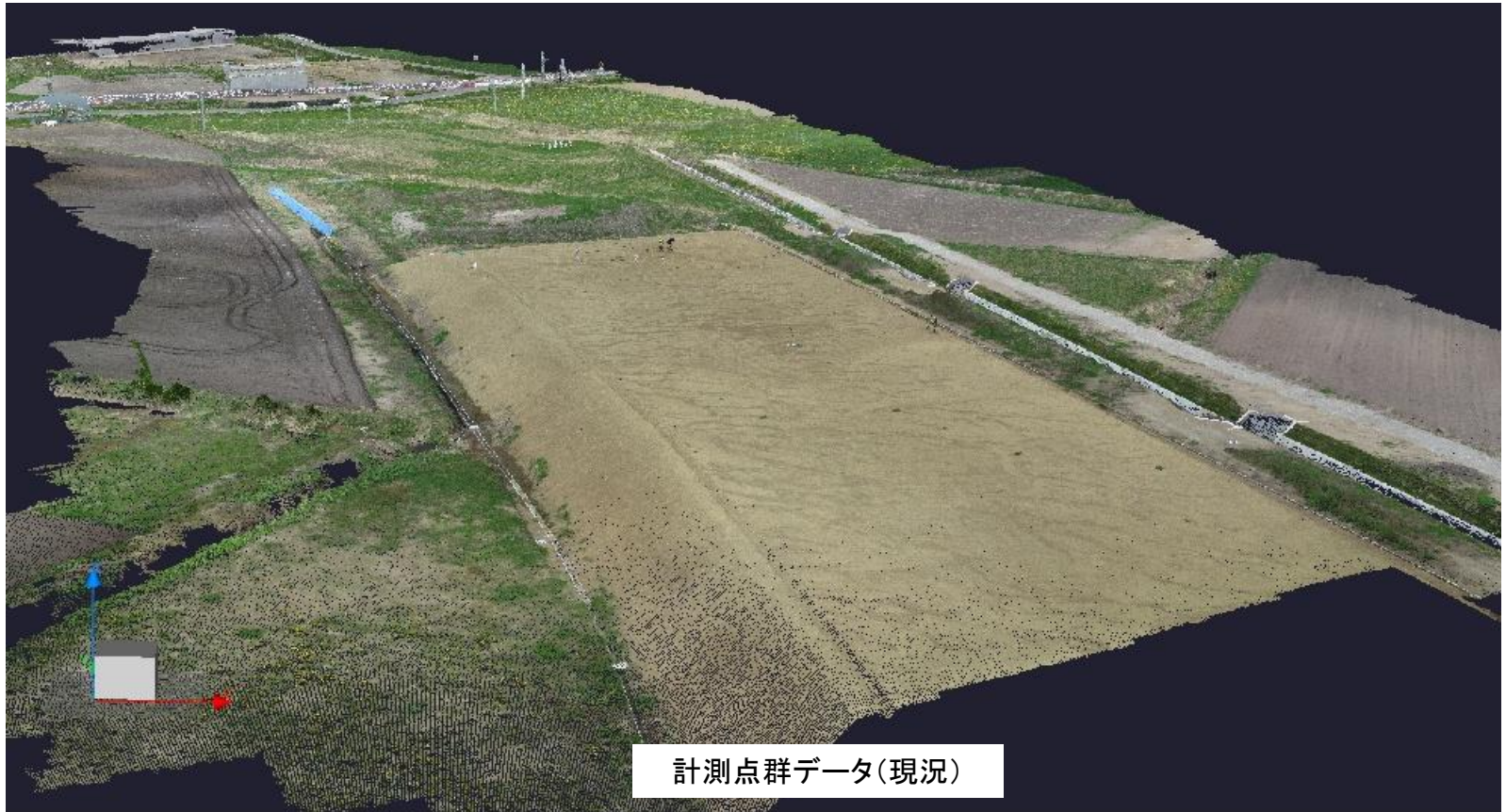
空撮写真ラップイメージ

施工事例(3次元起工測量(UAV測量)④)

1. 3次元起工測量(UAV測量) フローチャート



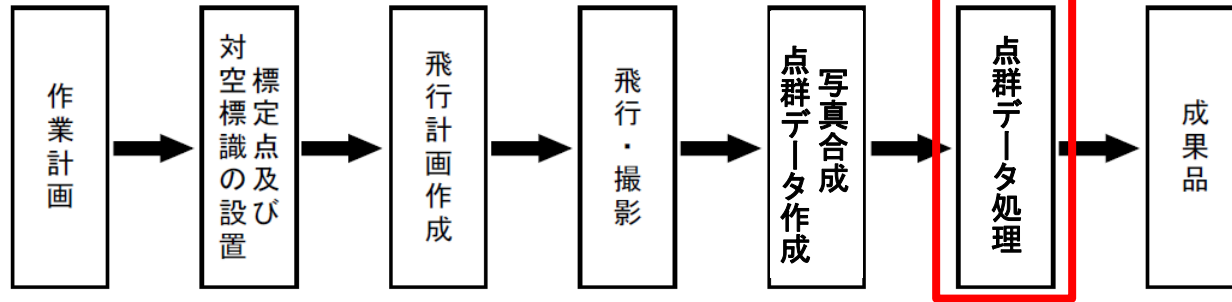
【写真合成・点群データ作成】
 写真測量ソフトウェアを使用して、UAVにより撮影された空中写真、標定点座標、カメラキャリブレーションデータから、ステレオモデルを構築し、地形、地物等の3次元座標値を持つ点群データを取得する。



計測点群データ(現況)

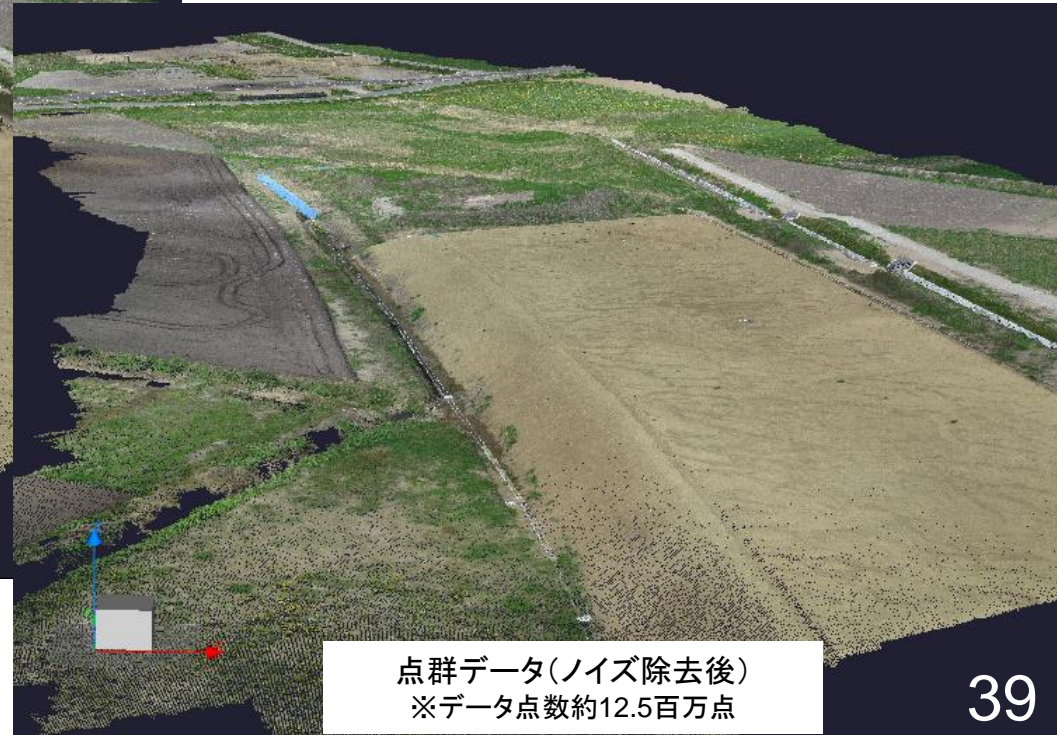
施工事例(3次元起工測量(UAV測量)⑤)

1. 3次元起工測量(UAV測量) フローチャート



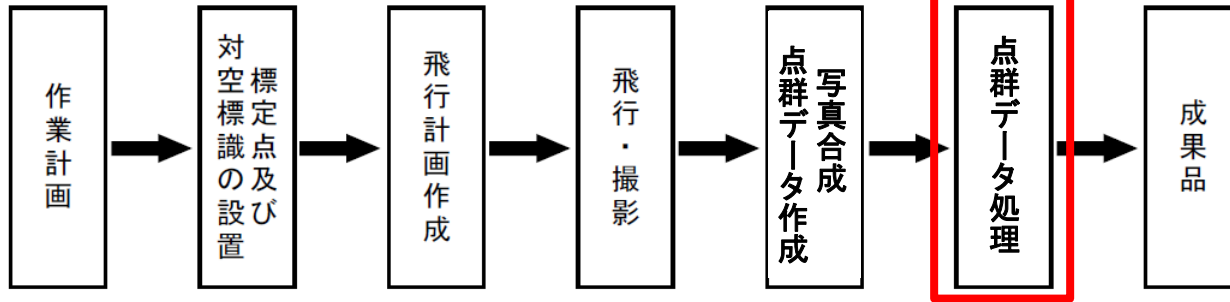
【点群データ処理(ノイズ除去)】

取得した点群データには、草木等による不要点(ノイズ)が発生するため、点群処理ソフトウェアを用いてノイズを除去する。
計測点群データの3次元的鳥瞰図を見ながら対象範囲外データを目視確認・選択削除するのが一般的。



施工事例(3次元起工測量(UAV測量)⑥)

1. 3次元起工測量(UAV測量) フローチャート



【点群データ処理(間引き)】

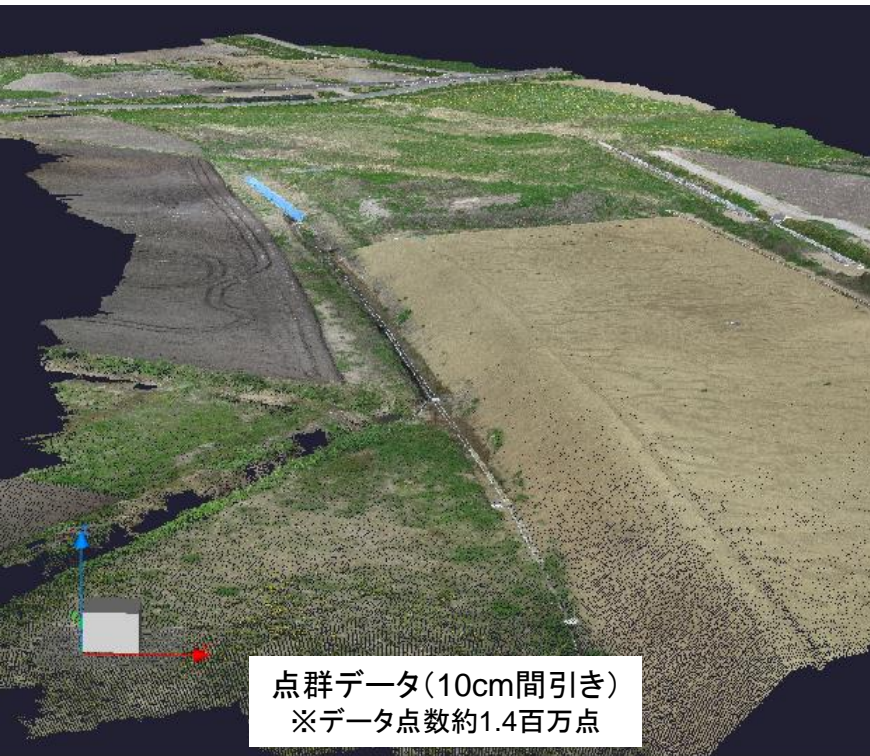
全計測点群データを用いるとデータ処理
負荷が著しく高くなるため、代表点を抽出
して点群密度を減らす。

(出来形計測データ)

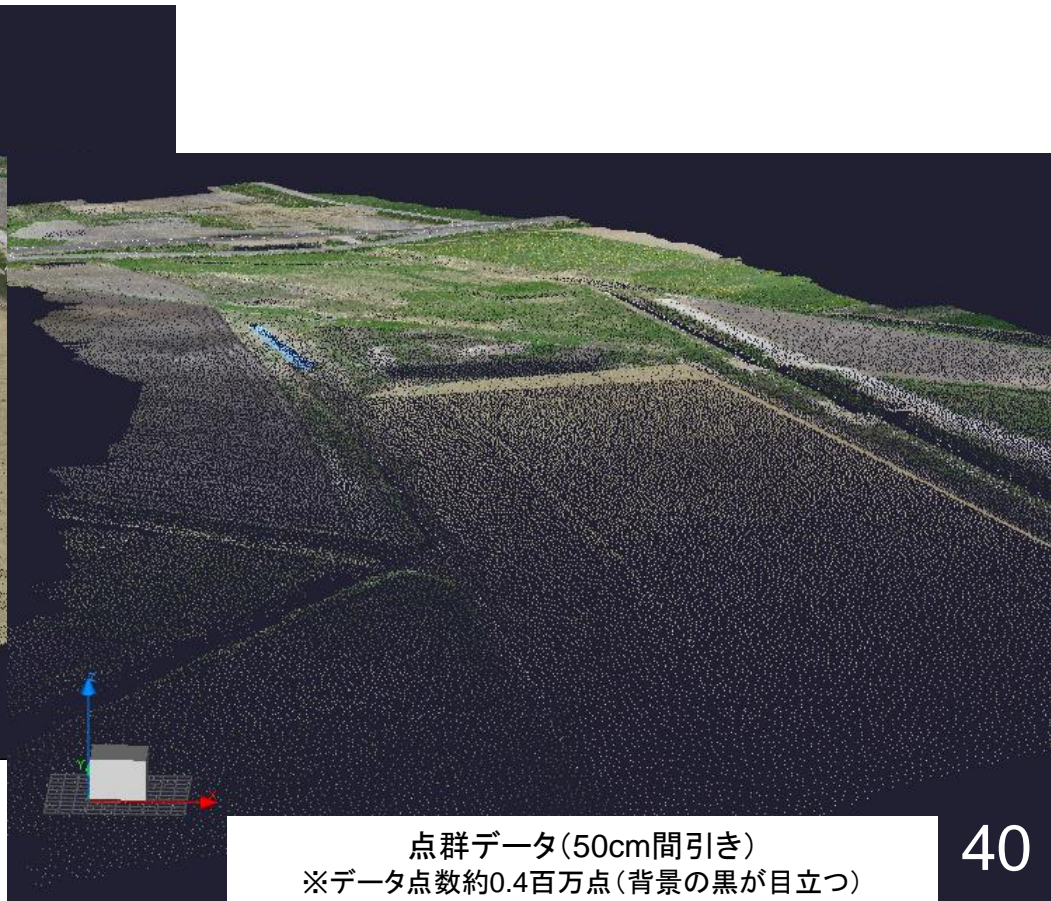
0.01m²あたり1点以上

(数量算出用起工測量計測データ)

0.25m²あたり1点以上



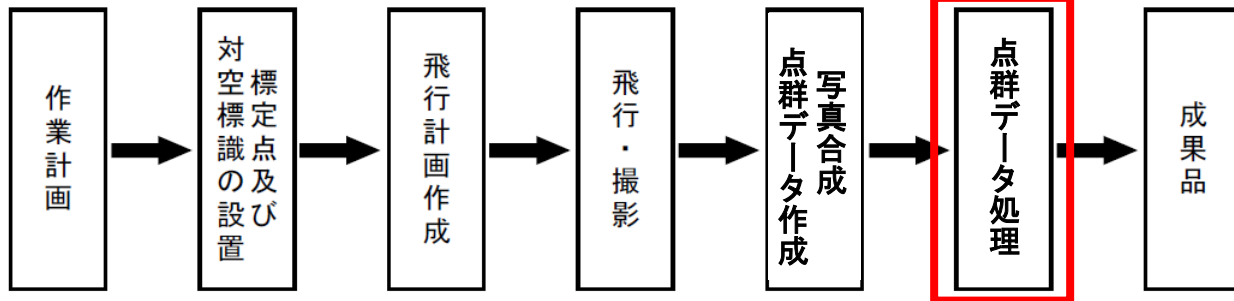
点群データ(10cm間引き)
※データ点数約1.4百万点



点群データ(50cm間引き)
※データ点数約0.4百万点(背景の黒が目立つ)

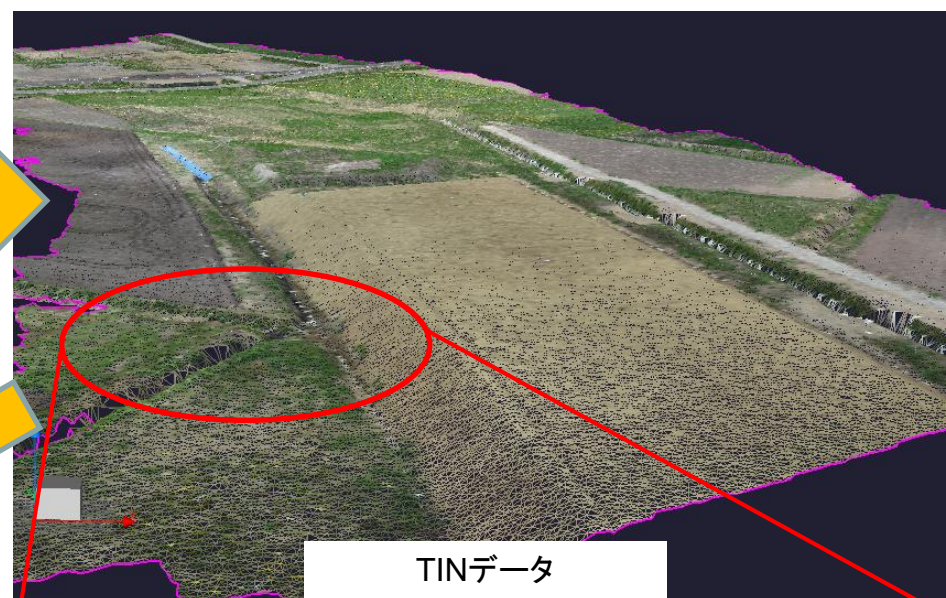
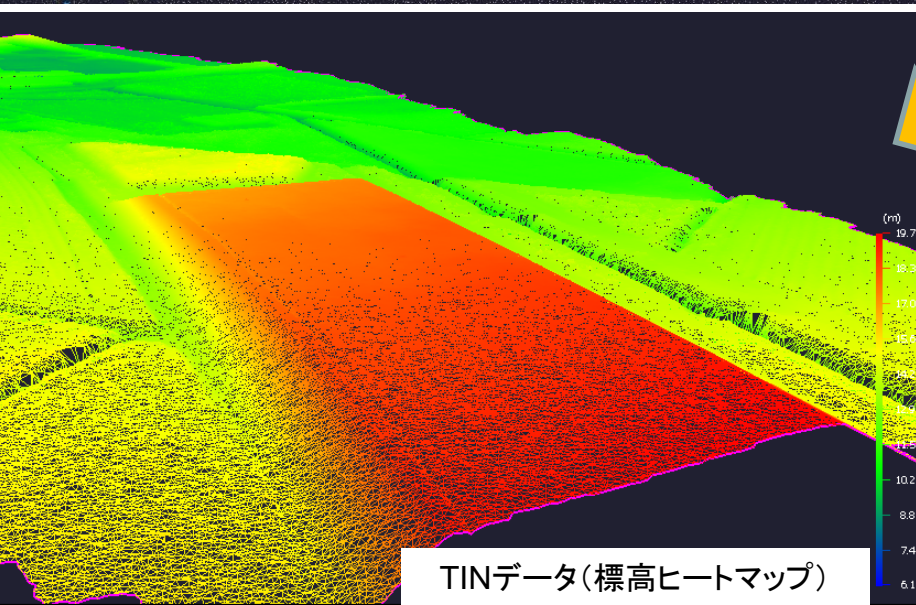
施工事例(3次元起工測量(UAV測量)⑦)

1. 3次元起工測量(UAV測量) フローチャート



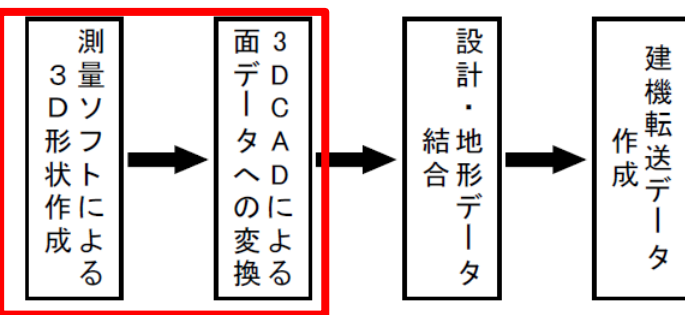
【面データ(TINデータ)の作成】

計測点群データの不要点削除や間引き処理が終了した点群を対象に、TIN(不等三角網)を配置し、地形や岩区分境界あるいは出来形の面データを作成する。ソフトウェアによる自動配置のTINが現地出来形形状と異なる場合は、手動でTINの結合方法を変更できる。



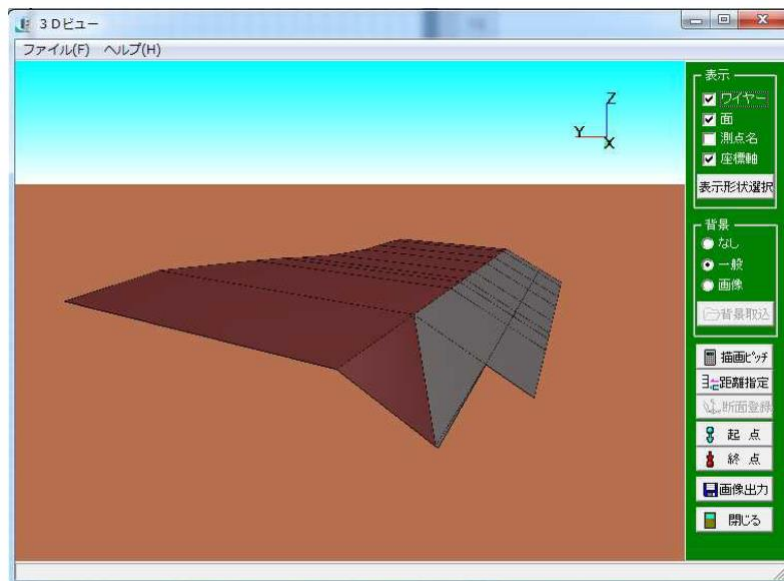
施工事例(3次元設計データ作成①)

2. 3次元設計データ作成 フローチャート

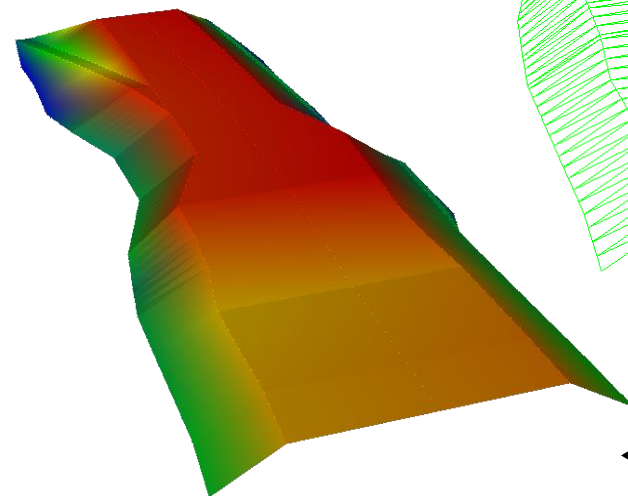
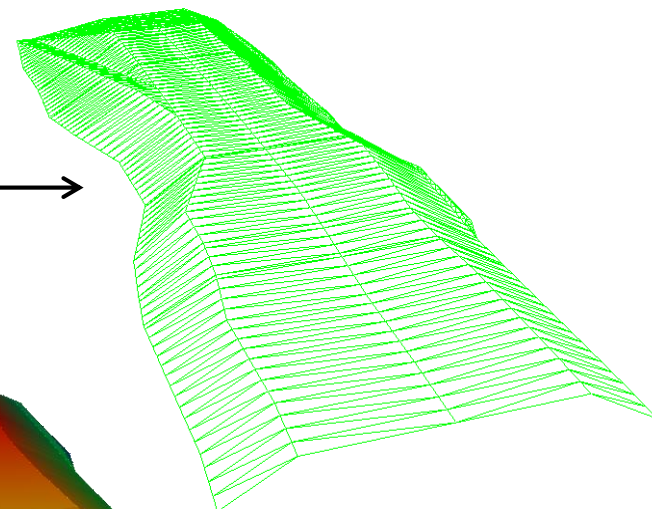


【3次元設計データ作成ソフトウェアによる3D形状データ作成】
 工事受注時に受領した設計図書(平面図・縦断図・横断図)より、施工箇所の平面線形・縦断勾配・横断勾配を、3次元設計データ作成ソフトウェアに入力し、当該施工対象の3D形状データを作成する(20m毎横断図間のデータ補完が必要)。さらに面データ(TINデータ)に変換する。

(※本事例工事では、施工管理システムソフトウェアに付属の測量ソフトウェアで3D形状モデル(スケルトンモデル)を作成し、3DCADソフトウェアでサーフェスモデル(TIN)に変換。なお、横断図の補完は2.5m毎(法面バケット幅2.0mを考慮)。



中心線と20m横断からスケルトンモデルを作成し、施工幅に併せて横断(2~5m毎など)を補完してサーフェスモデ(TIN)にしたもの(設計データ)

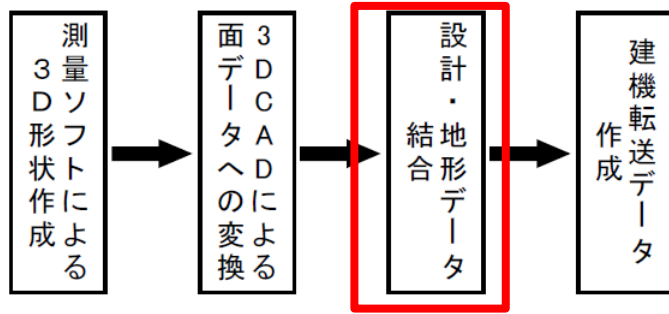


設計データを標高毎に着色したもの(受注者が高さをつかむために独自に作成したもの)

施工管理システムソフトウェア「デキスパート」に付属の測量ソフトウェア「現場大将」を使用した3D形状モデル作成例

施工事例(3次元設計データ作成②)

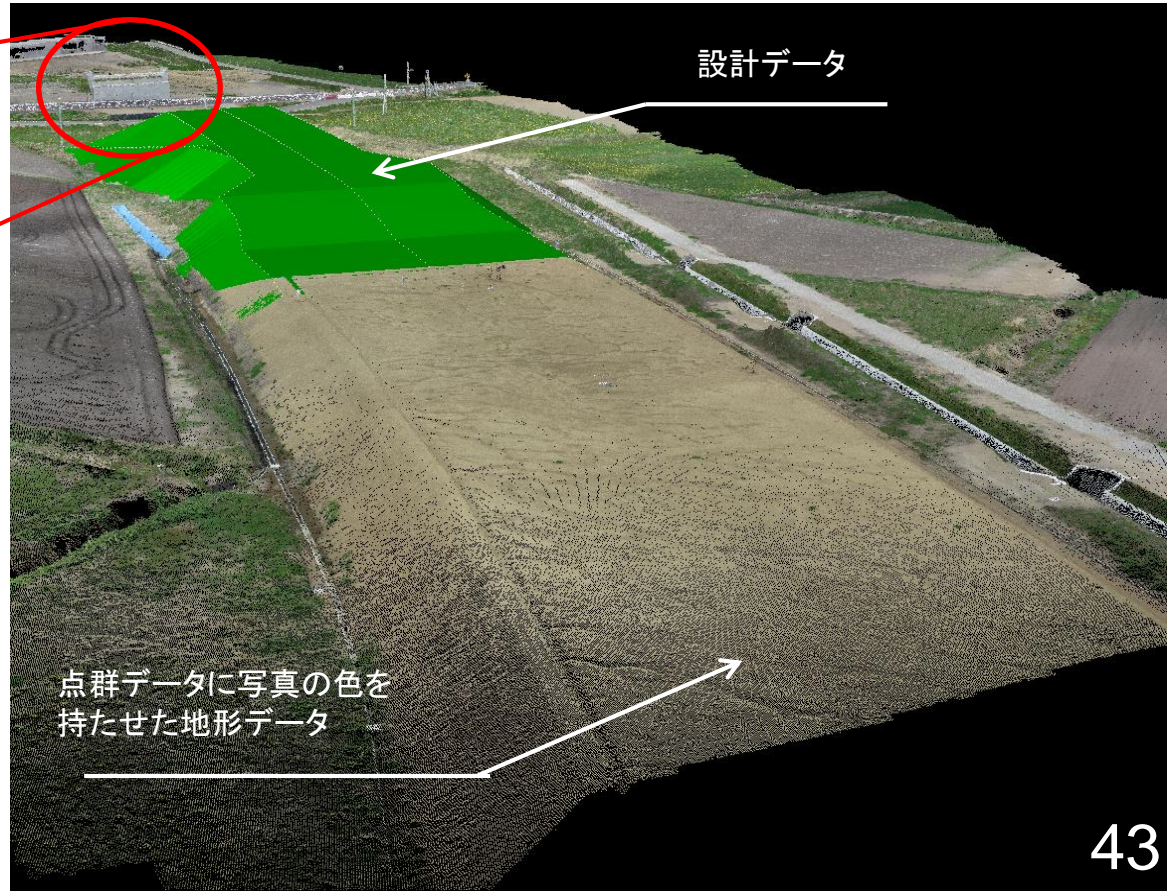
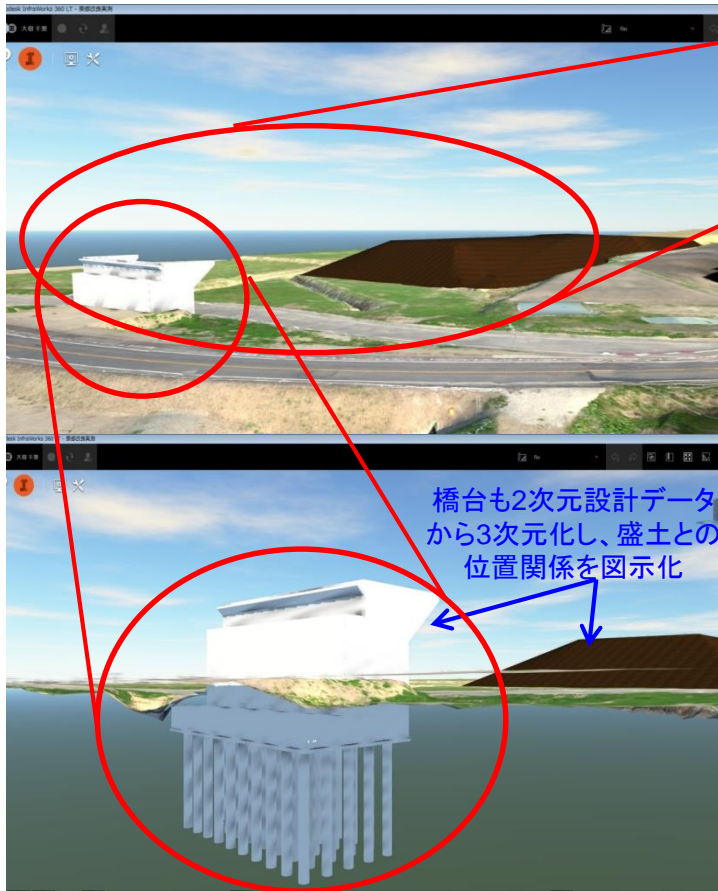
2. 3次元設計データ作成 フローチャート



【設計・地形データ結合】

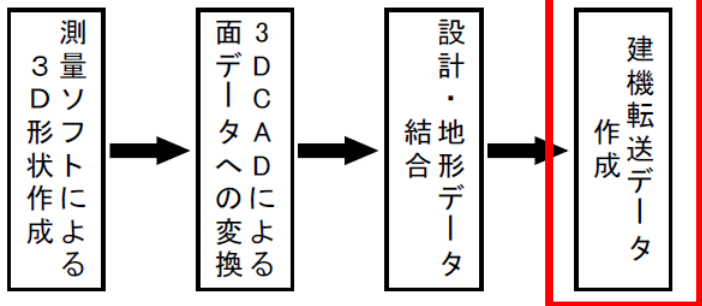
3次元設計データ作成ソフトウェアで、3D形状データ(設計データ)とUAV測量データ(地形データ)を重ね合わせ、3Dモデルとして完成させる。

(本工事では、直近の橋台も施工対象であったため、3次元データ化して結合し、現場メンバーで位置関係等のイメージを共有した。)



施工事例(3次元設計データ作成③)

2. 3次元設計データ作成 フローチャート

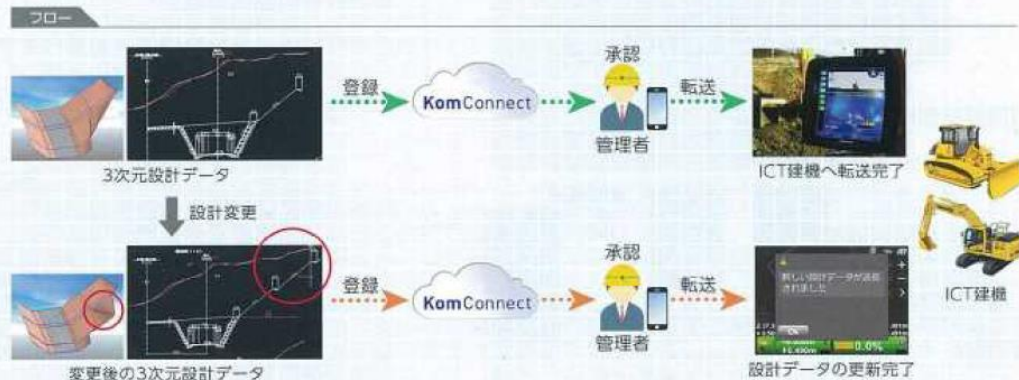


【建機転送データの作成】

設計データをICT建機登録用できる形式にデータ変換し、ICT建機に登録する。例えば、完成面の設計データに対して、ICTブルドーザの3D施工のために敷均し厚さ毎の層状データを追加作成する等が必要となる。完成した3次元設計データのICT建機への転送には、建機メーカーのサポートサービス等が活用できる場合がある。

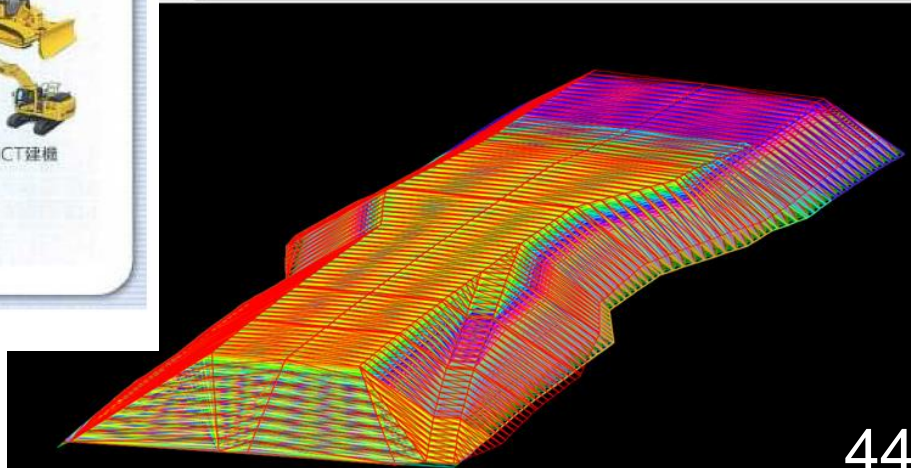
設計データをICT建機へ転送し、すぐに施工を開始できます。

3次元設計データを、ICT建機へ転送することができます。急な設計変更があった場合でも、最新データをKomConnectへ登録して、ICT建機へ転送することで、瞬時に更新できます。



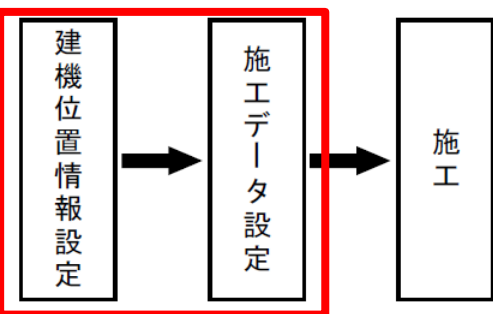
建機へのデータ登録の流れ
(建機メーカーによるデータ登録サービスの例)

下記は、ICTブルドーザに入力する3D施工データの例である。敷均し厚さ毎に30層分(1層30cm)のデータを施工時の排水勾配などを考慮して作成している。建機によっては3DCADで作成したデータをそのまま建機に入力できるものもある。このデータの一番外側が設計データである。



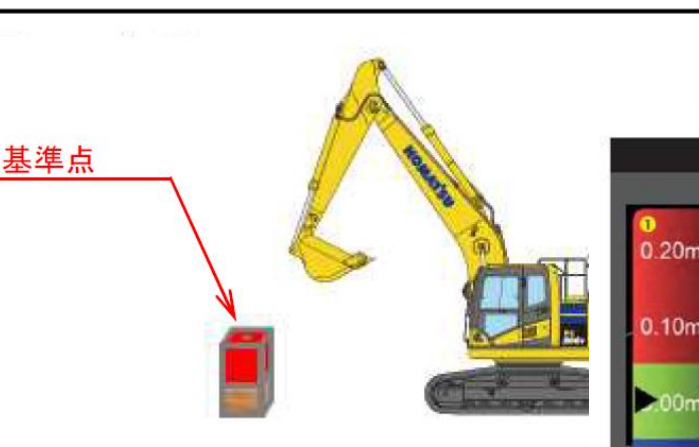
施工事例(ICT建設機械による施工①)

3. ICT建設機械による施工 フローチャート

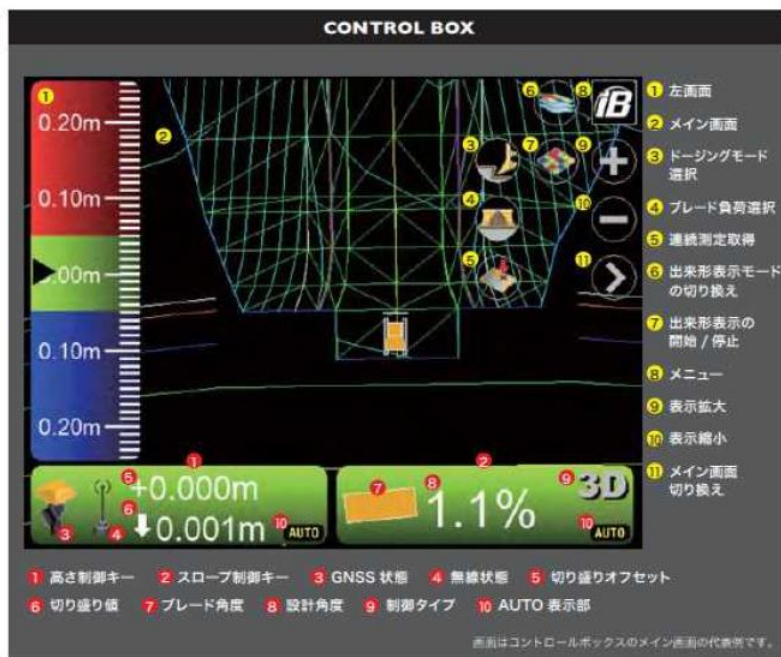


【ICT建機の初期設定】

ICT建機を現地搬入後、建機への位置情報が必要となるため、現場内の基準点を利用して建機刃先への座標及び標高を設定する。
 ICT建機に登録された施工データは、建機内モニタにて確認できる。
 該当施工箇所を設定することにより、モニタに設計データが表示される。
 オペレータは表示されたデータに相違がないかを確認して、施工を行う。



刃先位置情報設定イメージ



D37Pxiモニタ
 (ICTブルドーザのモニタ画面の例)

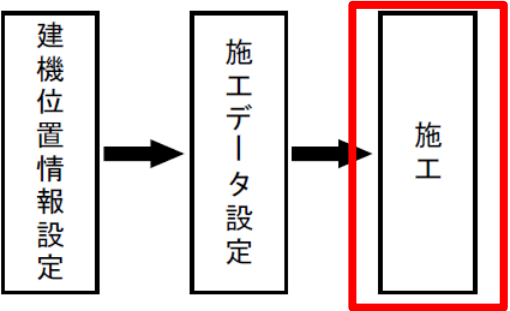


PC200-iモニタ
 (ICTバックホウのモニタ画面の例)

※建機メーカーカタログから引用

施工事例(ICT建設機械による施工②)

3. ICT建設機械による施工 フローチャート



【ICT建機による施工】
 ICT建機のブルドーザやバックホウを現地搬入し、MG(マシンガイダンス)やMC(マシンコントロール)機能を用いて、現地施工を行う。
 (本工事ではMCブルドーザとセミオートMCバックホウを投入。バックホウは盛土時にMG、法面整形時にMC(過掘防止等バケット位置が制御される)として使用。)



【ICT建機のブルドーザの液晶画面】
 画面左下に「↓0.182m」は仕上がり面に対して0.182m下げる。
 MC(マシンコントロール)の場合は、オペレータは前後進のみの操作で、ブレードは自動で上下する。



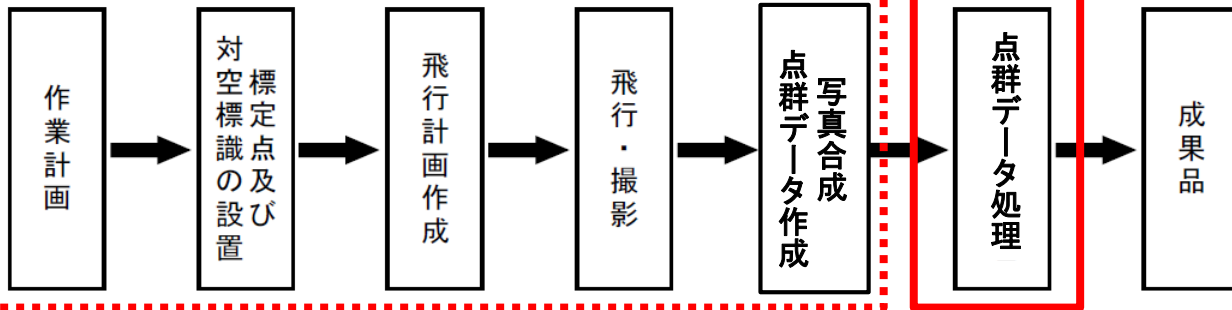
ICT建機による施工(ブルドーザとバックホウ)
 6月7日撮影



【ICT建機のバックホウの液晶画面】
 画面左下に「↑0.683m」は仕上がり面に対して0.683m上げる(盛土作業のため仕上がり面が原位置より上になっている)。

施工事例(3次元出来形管理等の施工管理UAV測量)

4. 3次元出来形管理等の施工管理(UAV測量) フローチャート

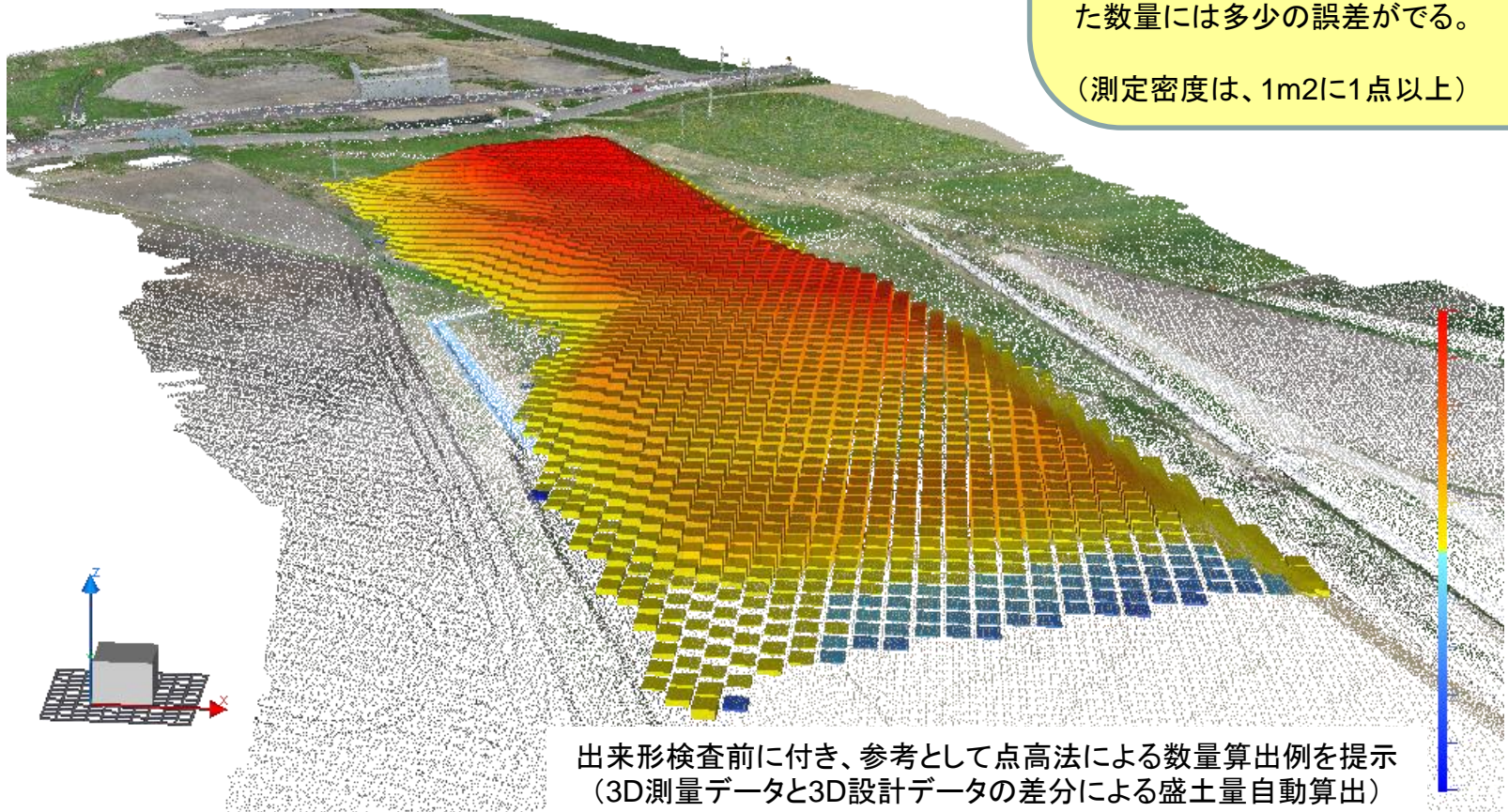


(起工測量時と同様の工程)

【出来形管理用データ】

事前の地形データが空中写真測量(UAV)等で計測されており、契約条件として認められている場合は、空中写真測量(UAV)による出来形計測結果を用いて、出来形数量の算出を行うことができる。数量計算方法については、監督職員と協議を行う。標準とする体積算出方法には、点高法、TIN分割等を用いた求積、プリズモイダル法がある。それぞれの手法により算出した数量には多少の誤差がでる。

(測定密度は、1m²に1点以上)



出来形検査前に付き、参考として点高法による数量算出例を提示(3D測量データと3D設計データの差分による盛土量自動算出)

施工事例(ICT土工の効果検証)

【道央圏連絡道路 千歳市 泉郷改良工事におけるICT土工の効果】※出来形については見込み

- ・工事延長 L=480m(盛土V=54,600m³)
- ・UAV測量により、起工測量+出来形とりまとめ日数が約半減(12日→6日)。
- ・丁張り設置作業や盛土施工中の測量作業が必要なく、重機施工範囲内に作業者がいないこと、ICT建機による操作負担軽減等により、重機の稼働効率が向上。日当たり作業量が増加(940m³/日→1,100m³/日)。
- ・土工全体で14日作業短縮、約20%効率化。

【起工測量】

- ・縦横断測量(3日)
- ・内業(測量成果まとめ4日)

7日

【通常建機による施工】

- ・丁張り等設置、高さ確認等
- ・通常建機による土工(940m³/日(標準歩掛))

58日

【出来形とりまとめ】

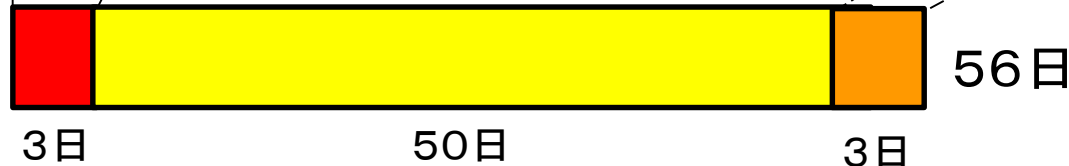
- ・TS出来形(1日)
- ・管理帳票作成等(代表断面管理)(4日)

5日

従来型施工



ICT土工
(UAV測量)



【起工測量】

- ・UAV測量(1日)
- ・内業(測量成果まとめ2日)

3日

【ICT建機による施工】

- ・丁張り等設置なし、日々の高さ確認等はICT建機施工データを活用。ある程度積層が進んだところで詳細確認・補正実施。
- ・ICT建機による土工(1,100m³/日(毎日作業前に刃先位置設定等を実施))

50日

3日

【出来形とりまとめ】

- ・UAV測量(1日)
- ・管理帳票作成等(面的管理)(2日)

全体で14日の作業短縮
(約20%効率化)

施工事例(受発注者の評価)

【受注者の評価】

- ①工程短縮効果 (ICT土工の導入で半月程度工期短縮の見込み)
※ただし本工事の全体工期クリティカルは橋台躯体工
- ②従前通りだと測量から盛土までに要する作業員数が6~7名
→丁張り設置不要により、3~4名に半減可能
- ③建設機械近傍での丁張り設置作業がなくなったことで安全性が向上
- ④日々の高さ確認等の外業負担が減り、内業に時間をかけられるため、残業減や計画的な休暇確保がしやすくなった(本工事では月5日休暇取得が出来ている)
- ⑤3次元設計データの作成や確認できる人材育成が課題
3次元データの作成・修正ももっと簡易に出来るようになると良い
(各プロセス毎に別々のソフトウェアを使用するため、データ作成・修正に
当たり、費用と時間がかかる)
- ⑥UAV測量~点群データ処理は外注しているが、今後、外注先に仕事が集中した場合、
工程に影響することが懸念される。
- ⑦今回土工部の検査は積雪前の11月を予定しているが、積雪期の検定となると、面的管理の場合、TS測量を1箇所/m²で実施しなければならず、非効率となる。

【発注者の評価】

ICT活用工事を監督する上で、特殊な技術や訓練の必要性は特に感じない。
ただし、設計・積算~検査・書類作成まで、従来手法と異なるため、ひとつひとつ受注者と確認しながら対応することが必要。

今後の展開

【会議趣旨】

- 第4次産業革命をはじめとする将来の成長に資する分野における大胆な投資を官民連携して進め、「未来への投資」の拡大に向けた成長戦略と構造改革の加速化を図る
- 「産業競争力会議」及び「未来投資に向けた官民対話」を発展的に統合した成長戦略の司令塔として設置。

【構成員】

内閣総理大臣、副総理、経済再生担当大臣兼内閣府特命担当大臣(経済財政政策)、内官房長官、経済産業大臣、民間議員など

【スケジュール】

- 本年10月以降:未来投資会議、構造改革徹底推進会合を開催。分野別の議論を実施。
- 来年1月目途:構造改革の総ざらい。技術革新の社会実装についての中間的な課題整理
- 来年 年央 :成長戦略の取りまとめ

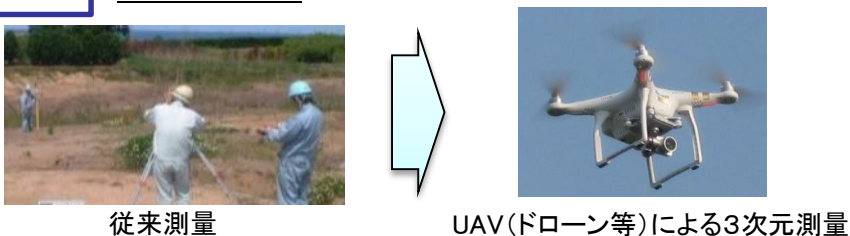
【第1回 テーマ】

建設業の未来投資と課題

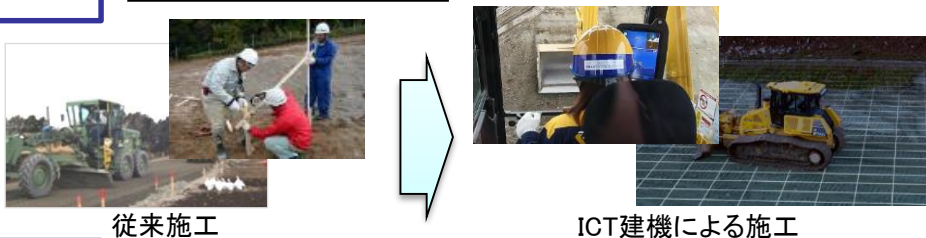
※石井国土交通大臣がi-Constructionの取組を説明。

- 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。

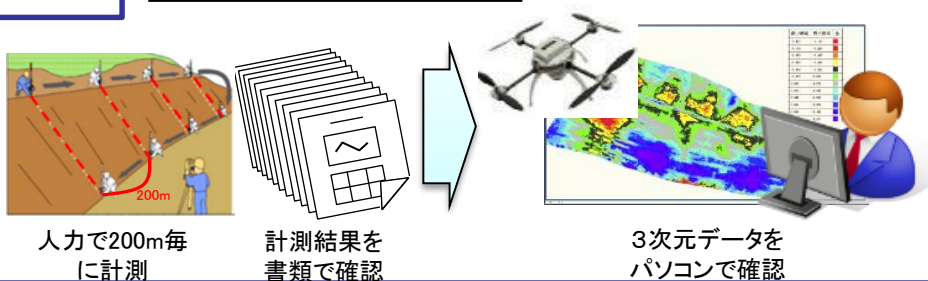
測量 3次元測量(UAVを用いた測量マニュアルの導入)



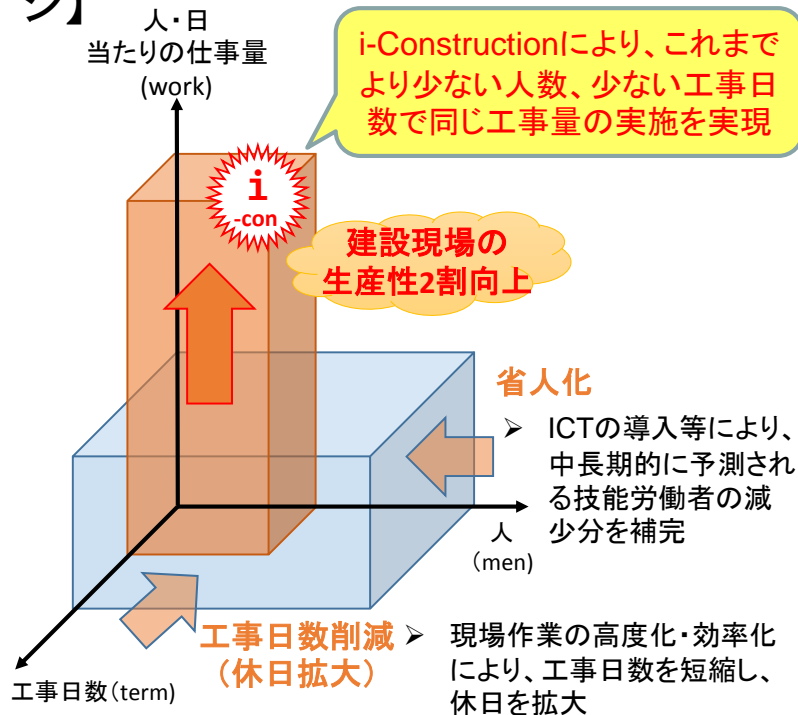
施工 ICT建機による施工(ICT土工用積算基準の導入)



検査 検査日数・書類の削減



【生産性向上イメージ】



ICTの全面的な活用(ICT土工)

- 3次元データを活用するための基準類を整備し、「ICT土工」を実施できる体制を整備。
- 今年度より、**720件以上の工事**について、ICTを実装した建設機械等を活用する「ICT土工」の対象とし、**現在110件の工事で実施**。
- 全国約270箇所**で地域建設業や地方公共団体への普及拡大に向けた講習会を開催予定であり、**既に約13,000人が参加**。

ICT土工の実施

- 3次元データを活用するための15の新基準や積算基準を整備
- 国の大規模土工は、発注者の指定でICTを活用。中小規模土工についても、受注者の希望でICT土工を実施可能。(必要な費用の計上、工事成績評点で加点点評価)
- 年間で**約720件以上**をICT土工の発注方式で公告予定



現在110件の工事でICT土工を実施(地域の建設業者が8割以上)
(8月19日時点)

【導入効果(現場の声)】

- 工期**:「UAV使用により起工測量の日数が大幅に短縮」
- 安全**:「手元作業員の配置が不要となり、重機との接触の危険性が大幅に軽減」
など



3次元測量

3次元設計図面

ICT建機での施工

ICT人材育成の強化

(受・発注者向け講習・実習を集中実施)

- 施工業者向け講習・実習**
 - ・目的:ICTに対応できる技術者・技能労働者育成
- 発注者(自治体等)向け講習・実習**
 - ・目的 ①i-Constructionの普及
 - ②監督・検査職員の育成

【研修内容】

- ・3次元データの作成実習又は実演
- ・UAV等を用いた測量の実演
- ・ICT建機による施工実演 など

講習・実習開催予定箇所数(※平成28年7月末時点)

施工業者向け	発注者向け	合計*
全国 159 箇所 (101箇所開催済)	全国 209 箇所 (142箇所開催済)	全国 266 箇所 (174箇所開催済)



これまでに全国で約**13,000**人が参加!

さらに民間企業においてもi-Constructionトレーニングセンターなどを設置し、講習・実習を実施中

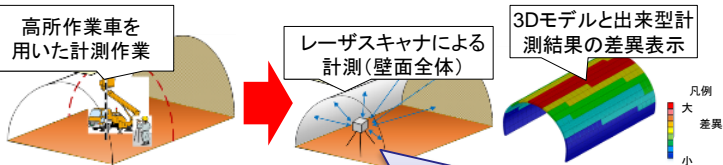
- 今後は、3年以内に、**橋梁・トンネル・ダム**や**維持管理の工事**に**ICTの活用を拡大**。
- **産学官連携の体制**により、公共工事の**3Dデータを活用するためのプラットフォーム**を整備し、**人工知能、ロボット技術への活用等**を促進。

ICTの活用拡大

○ 土工以外の分野にもICTを導入するために、調査・設計段階から施工、維持管理の各プロセスで3次元モデルを導入・活用するための基準類を整備。

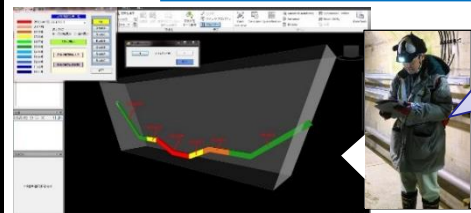
⇒ **対象工種: 河川(樋門、樋管)、橋梁、トンネル、ダム、浚渫など**

3次元モデルを用いた監督検査の効率化



トンネル覆工の出来形をレーザースキャナを用いて計測を行い、監督・検査を効率化

施設管理の効率化・高度化



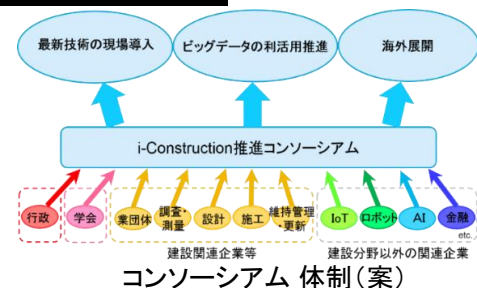
点検結果を3次元モデルに反映し、施設管理を効率化・高度化

ダムの管理用管路の点検

推進体制の構築・3Dデータ利活用促進

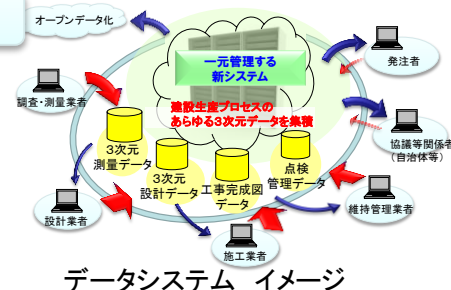
i-Construction推進コンソーシアム

○ 産学官が連携して推進するため、産学官連携によるi-Construction推進コンソーシアムを設置。



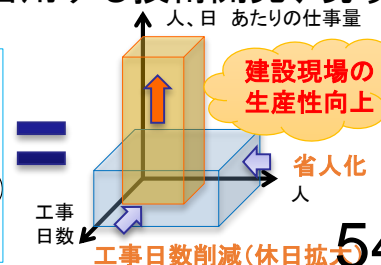
3次元データ活用検討(オープンデータ化)

○ 3次元ビッグデータを収集し、広く官民で活用するため、オープンデータ化に向けた利活用ルールやデータシステム構築に向けた検討等を実施



最新技術の建設分野への導入促進

○ 建設分野以外の最新技術を建設現場で活用する技術開発、現場導入の促進を図る。



【安倍総理 発言(抜粋)】

- 本日、早速、第一弾として、第4次産業革命による『建設現場の生産性革命』に向け、具体的な方針を決めました。
- 建設現場の生産性を、2025年までに20%向上させるよう目指します。
- そのため、3年以内に、橋やトンネル、ダムなどの公共工事の現場で、測量にドローン等を投入し、施工、検査に至る建設プロセス全体を3次元データでつなぐ、新たな建設手法を導入します。
- 人手による現場作業が置き換わり、これまで習得するのに何年もかかったノウハウも数か月で身に付けられるようになる。
- 3Kのイメージを払しょくし、多様な人材を呼び込むことで、人手不足も解消します。全国津々浦々で中小の建設現場も劇的に変わります。



ご清聴ありがとうございました