

i-Construction ～ICT活用工事の現状と今後～

社会資本マネジメント研究センター
社会資本施工高度化研究室
研究官 舩田 裕司

はじめに

1. 施策の背景
2. i-Constructionについて
3. ICTの全面的な活用(ICT土工)の取り組み
4. 新基準(面管理規格値)の検討
5. ICT活用工事の発注
6. ICT土工の現状
7. 今後の取り組み (i-Construction報告書)

1. 今こそ生産性向上に取り組むチャンス

□労働力過剰を背景とした生産性の低迷：バブル経済崩壊後の投資の減少局面では、建設投資が建設労働者の減少を上回り、労働力過剰の時代
 □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、約110万人の高齢者が10年間で離職の予想
 □安全と成長を支える建設産業：激甚化する災害に対する防災・減災対策、老朽化するインフラの戦略的な維持管理・更新、強い経済を実現するためのストック効果を重視したインフラ整備など役割
 □安定的な経営環境：建設投資、公共事業予算が下げ止まる状況の中、建設企業の業績も上向き、建設企業においても、未来に向けた投資や若者の雇用を確保できる状況になりつつある
 □生産性向上の絶好のチャンス：我が国は世界有数のICTを有しており、生産性向上のためのイノベーションに突き進むことができるチャンスに直面している

2. i-Constructionを進めるための視点

(1) 建設現場の宿命

「一品受注生産」、「現地屋外生産」、「労働集約型生産」などの特性により、製造業等で進められてきた「セル生産方式」、「自動化・ロボット化」などに取り組むことが困難

IoT

(3) i-Constructionを進めるための3つの視点

□ 建設現場を最先端の工場へ

・近年の衛星測位技術等の進展とICT化により、屋外の建設現場においても、ロボットとデータを活用した生産管理が実現

□ 建設現場へ最先端のサプライチェーンマネジメントを導入

・工場や現場における各工程が改善され、待ち時間などのロスが少なくなり、建設生産システム全体の効率化

□ 建設現場の2つの「キセイ」の打破と継続的な「カイゼン」

・イノベーションを阻害している書類による納品などの「規制」や年度末に工期を設定するなどの「既成概念」の打破

3. トップランナー施策の推進

i-Construction推進のための第一歩として、

□ ICTの全面的な活用 (ICT土工)

□ 全体最適の導入 (コンクリート工の規格の標準化等)

□ 施工時期の平準化

の3つのトップランナー施策を設定。そ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

4. ICTの全面的な活用 (ICT土工)

(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

5. 全体最適の導入 (コンクリート工の規格の標準化等)

(1) 全体最適に向けた課題

① 部分最適な設計、施工方式に伴う支障

② 優れた新工法、新技術に関する基準が未整備

(2) 直ちに取り組むべき事項

① 全体最適の導入に向けた検討(下流プロセスを踏まえた設計、施工や維持管理に知見を有する者が設計の段階から関わる仕組み等)

② 規格の標準化、要素技術の一元化に向けた検討(部材の規格の標準化、鉄筋のプレハブ化等の普及に向けたガイドラインの策定等)

③ サプライチェーンマネジメントの導入に向けた検討

6. 施工時期の平準化

(1) 年度末を工期末とする既成概念からの脱却 (既成概念の打破)

・2か年国債の積極的な設定、繰越制度の適切な活用

(2) 繁閑の差が激しい地方公共団体への取り組みの浸透

・地域発注者協議会を通じた連携、入札契約適正化法等を活用した要請

(3) 長期的な平準化

・戦略的なインフラの維持管理・更新に関する計画の策定、地域特性を踏まえた発注

7. i-Constructionの目指すべきもの

(1) 生産性の向上

・ICTの全面的な活用により、将来的には生産性は約2倍、施工時期の平準化等による効果とあわせ、生産性は8割向上

(2) より創造的な業務への転換

・ICT化による効率化等により、技能労働者等は創造的な業務や多様なニーズに対応

(3) 賃金水準の向上

・生産性向上や仕事量の安定等により、企業の経営環境が改善し、賃金水準向上と安定的な仕事量確保が実現

(4) 十分な休暇の取得

・建設工事の効率化、施工時期の平準化等により、安定した休暇取得が可能

(5) 安全性の向上

・重機周りの作業や高所作業の減少等により、安全性向上が実現

(6) 多様な人材の活用

・女性や高齢者等の活躍できる社会の実現

(7) 地方創生への貢献

・地域の建設産業の生産性向上により多くの魅力ある建設現場を実現し、地域の活力を取り戻す

(8) 希望がもてる新たな建設現場の実現

・「給水、休暇、希望」を実現する新たな建設現場

(9) 広報戦略

・建設現場や建設現場の仕事が魅力的になること、i-Constructionの導入効果について、周知が必要

8. i-Constructionを推進するために

(1) i-Constructionの推進体制

・直轄事業における推進及び地方公共団体等他の発注者へのi-Construction普及を支援するため、本省及び地方整備局に推進体制を整備

(2) i-Constructionを推進するためのコンソーシアム

・急速に発展するIoTなど最新技術の動向等を踏まえるため、産学官よりなるコンソーシアムを設立

(3) i-Constructionに伴うビッグデータの活用

・あらゆるプロセス(調査・測量、設計、施工、維持管理・更新など)において作成される3次元データ等をビッグデータとして活用し、更なる生産性向上の実現や維持管理・更新等に活用

(4) 他の屋外生産分野との連携強化

・他の屋外生産分野である鉱業、農業、林業等に横展開するため、i-Constructionのノウハウを情報発信

(5) 海外展開

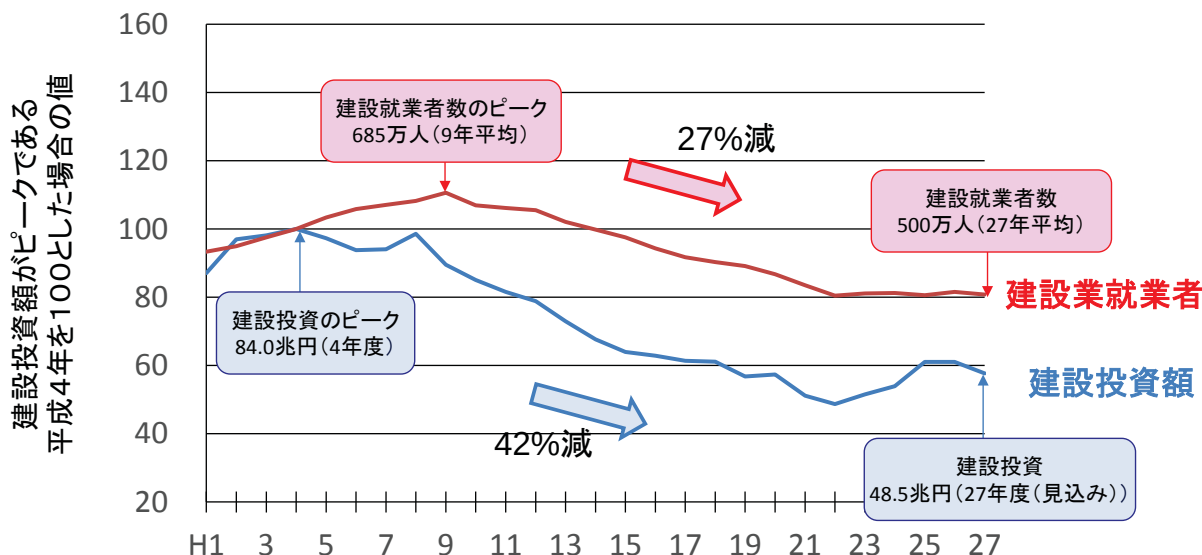
・我が国の建設生産システムが世界のトップランナーになることを期待、各種基準の国際標準化、i-Constructionで取り組んだICT、発注方式、検査基準等をパッケージ化し、海外展開

2

1(1). 労働力過剰を背景とした生産性の低迷

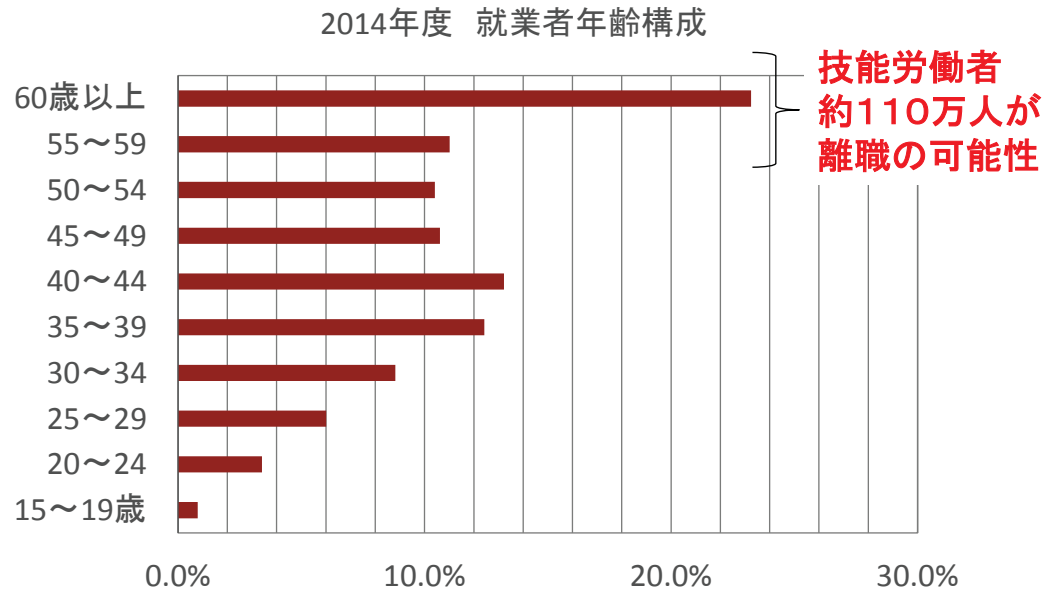
○ バブル崩壊後の投資の減少局面では、建設投資が労働者の減少をさらに上回って、ほぼ一貫して労働力過剰となり、省力化につながる建設現場の生産性向上が見送られてきた。

建設投資額および建設業就業者の増減



1(2). 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)
- 生産性向上により労働力不足下での供給能力の維持と、入職者を増やす産業の魅力の創出が必要



資料: (一社)日本建設業連合会「再生と進化に向けて」より作成

4

1(3). 施策の背景まとめ

- (1) 労働力過剰を背景とした生産性の低迷
- (2) 労働力過剰時代から労働力不足時代への変化
- (3) 安定的な経営環境



今こそ生産性向上を図る絶好のチャンス

5

2(1). i-Constructionについて

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れと予想されている。
- ・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

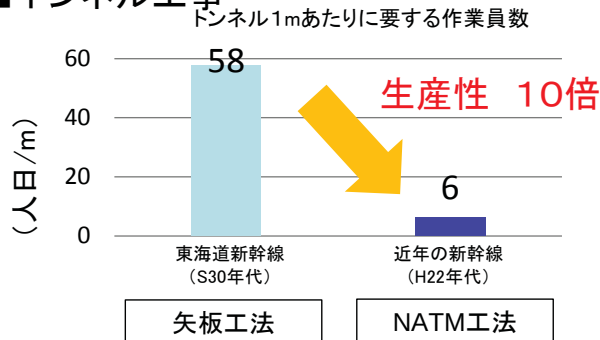
i-Constructionの目指すもの

- 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

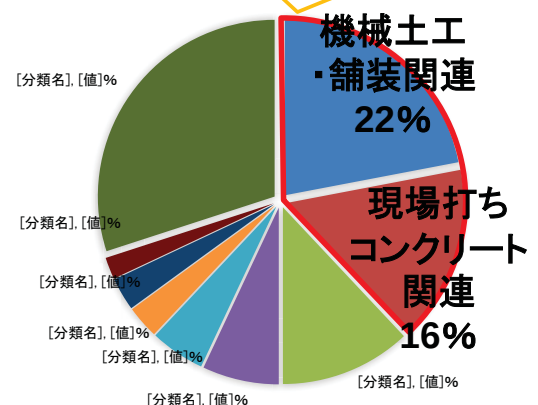
2(2). 取り組みのターゲット

- 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



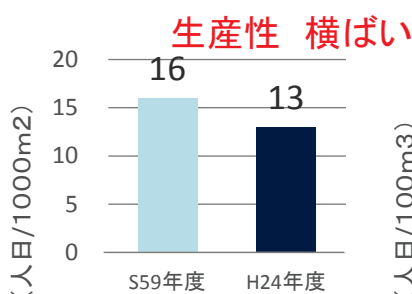
「機械土工・舗装関連」及び「現場打ちコンクリート関連」で全体の約40%



H24国土交通省発注工事実績

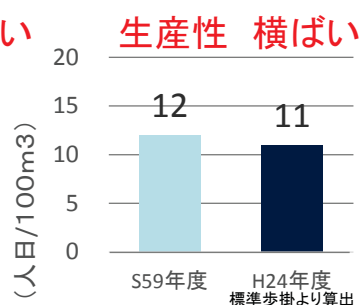
■ 土工

1000m²あたりに要する作業員数



■ コンクリート工

100m³あたりに要する作業員数



(1) ターゲットに対する施策

①機械土工・舗装の生産性向上



ICTの全面的活用

②場所打ちコンクリート工の生産性向上



全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化等）

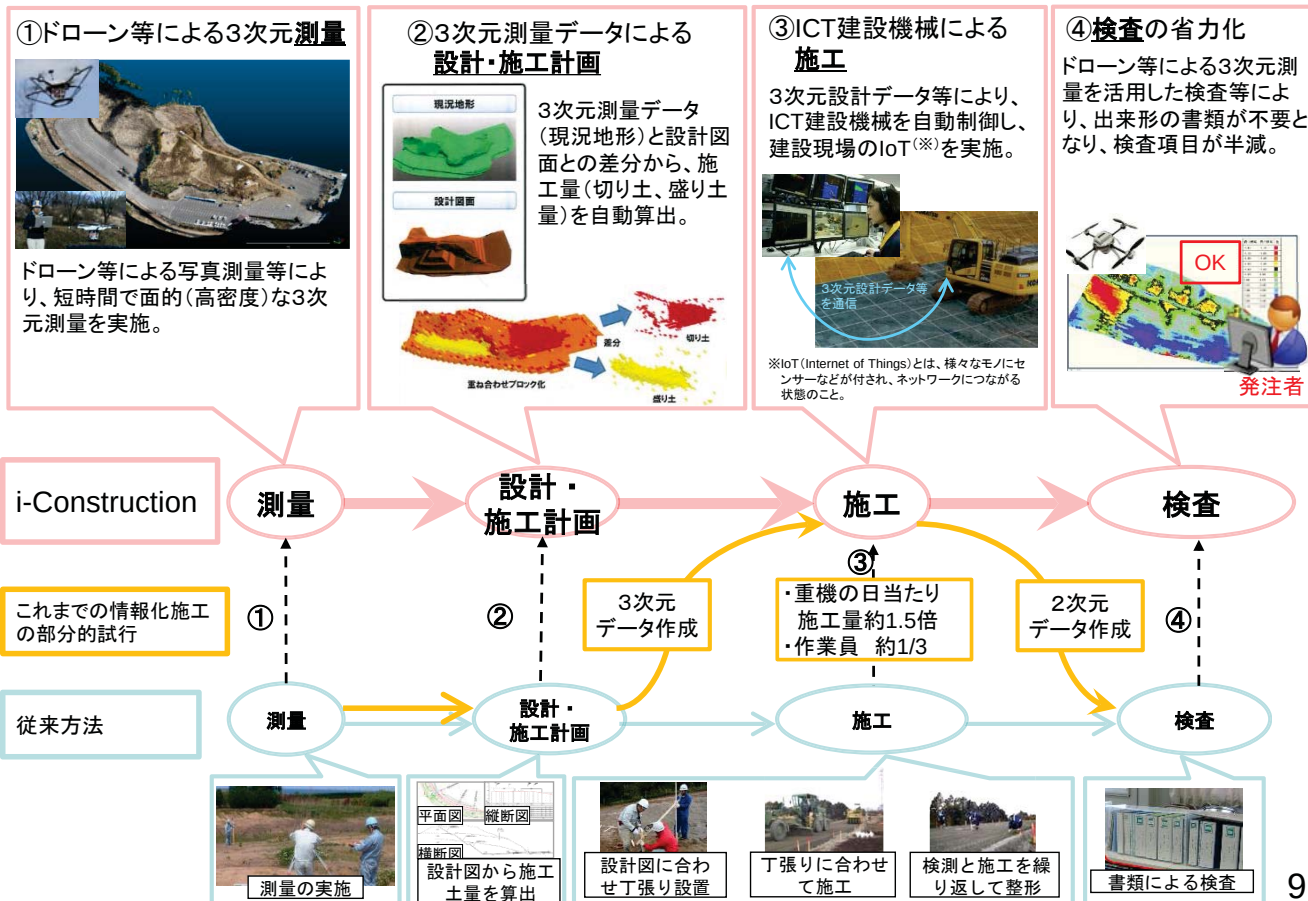
(2) 人材の効率的活用に資する横断的施策



発注時期の平準化

8

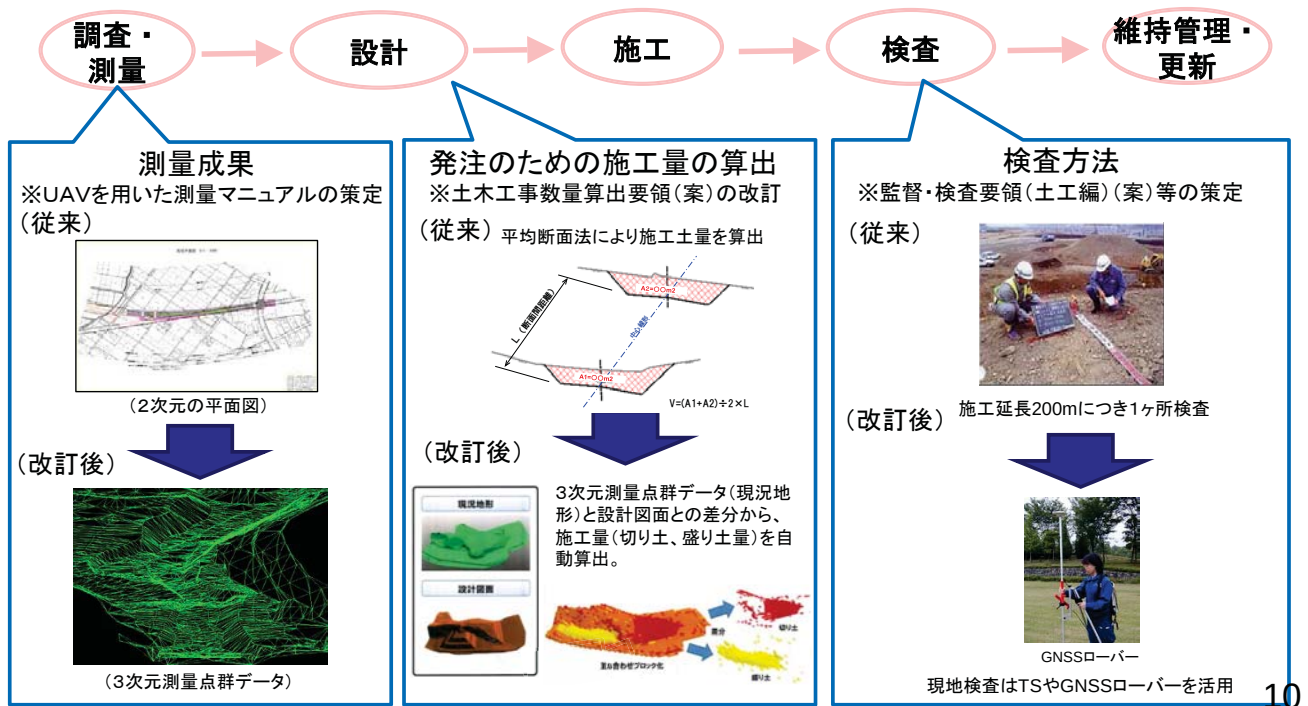
3. ICTの全面的な活用(ICT土工)



9

3(1). 新基準の導入 (1)

- 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。



10

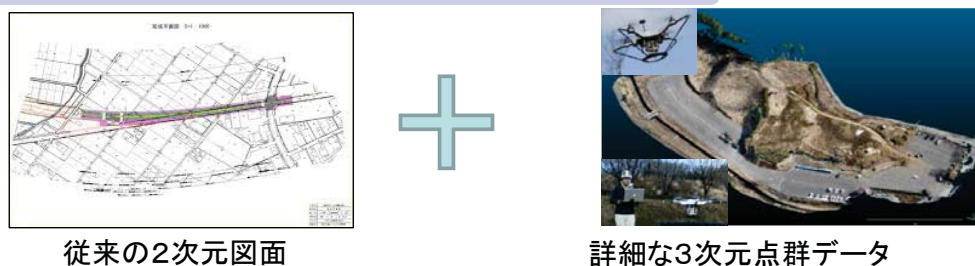
3(1). 新基準の導入 (2)

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



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



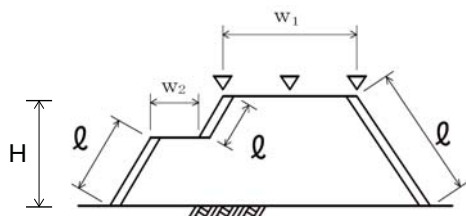
導入効果: 小回りがきくUAVや3次元化の自動ソフトの導入により、短時間で効率的に3次元点群データが作成可能

1

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

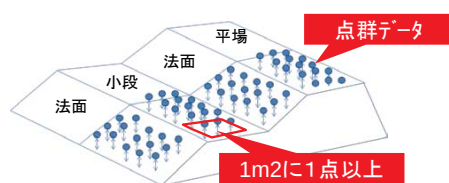
規格値：基準高(H)：±5cm

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）

平場 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

12

		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://psgev2.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/cr/point/ http://www.cals-ed.go.jp/cr/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.niim.go.jp/lab/qbg/bunya/cals/des.html
施工	4	ICTの全面的な活用の実施方針	○		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.niim.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.niim.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(施工パッケージ型積算方式)	○		http://www.mlit.go.jp/common/001124408.pdf

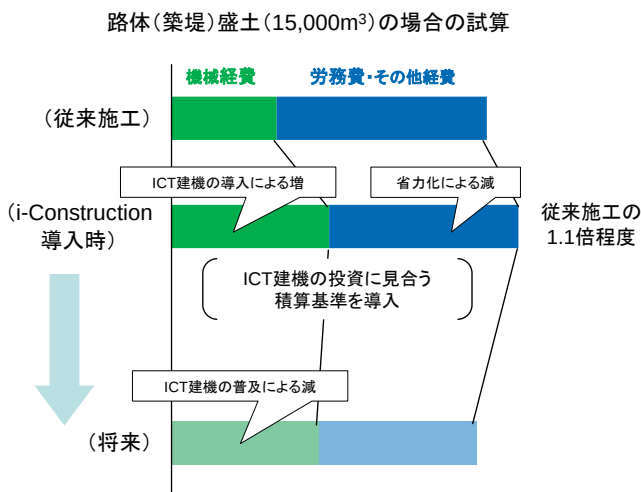
13

- ・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



※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。

14

～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

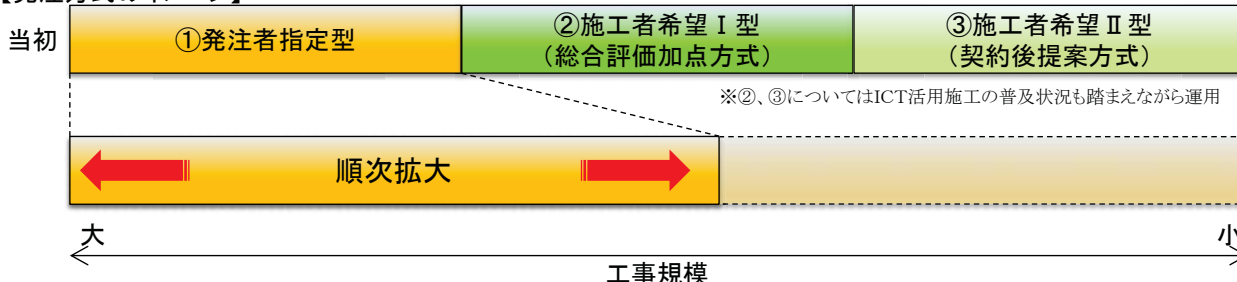
- ① 発注者指定型: ICT活用施工を前提として発注
- ② 施工者希望Ⅰ型: 総合評価においてICT活用施工を加点評価
- ③ 施工者希望Ⅱ型: 契約後、施工者からの提案・協議を経てICT活用施工を実施

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】



ICT活用施工とは、建設生産プロセスにおいて、ICTを全面的に活用し、「3次元起工測量」、「3次元設計データ作成」、「ICT建設機械による施工」、「3次元出来形管理等の施工管理」、「3次元データの納品」を行うものをいう

※起工測量とは、工事の着手前に行う、着手前の現場形状を把握するための測量です。

15

3(3). ICT活用工事の実施方針(対象工事)

ICT活用工事【土工】

建設生産プロセスの下記①～⑤の全ての段階においてICTを全面的に活用する工事であり、入札公告・説明書と特記仕様書に明示することで対象工事とする。

- ① 3次元起工測量
- ② 3次元設計データ作成
- ③ ICT建機による施工
- 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

※「ICT活用工事」において、①～⑤の一連の施工を行うことを「ICT活用施工」という。

(1) 対象工種

- 1) 河川土工、砂防土工、海岸土工(レベル2工種)・・・掘削工、盛土工、法面整形工
- 2) 道路土工(レベル2工種)・・・掘削工、路体盛土工、路床盛土工、法面整形工

(2) 対象工事

・土工(対象工種)を含む「一般土木工事」

段階	技術名	対象作業	建設機械	適用工種		監督・検査 施工管理	備考
				河川土工	道路土工		
3次元測量	空中写真測量(無人航空機)による起工測量	測量	—	○	○	①、②、③、⑧	
	レーザースキャナーによる起工測量	測量	—	○	○	④、⑤	
ICT建機による施工	3次元マシンコントロール(ブルドーザ)技術	まきだし 敷均し 掘削 整形	ブルドーザ	○	○		
	3次元マシンコントロール(バックホウ)技術 3次元マシンガイダンス(バックホウ)技術	掘削 整形	バックホウ	○	○		
3次元出来形 管理等の 施工管理	空中写真測量(無人航空機)による出来形管理技術(土工)	出来形計測 出来形管理	—	○	○	①、②、③、⑧	
	レーザースキャナーによる出来形管理技術(土工)	出来形計測 出来形管理	—	○	○	④、⑤	
	TS・GNSSによる締固めの管理技術	締固め回数 管理	ローラー ブルドーザ	○	○	⑥、⑦	

【凡例】○:適用可能、△:一部適用可能、—:適用外

【要領一覧】 ①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)
②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)
③無人飛行機の飛行に関する許可・承認の審査要領
④レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編)(案)
⑤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)
⑥TS・GNSSを用いた盛土の締固めの管理要領
⑦TS・GNSSを用いた盛土の締固めの監督・検査要領
⑧UAVを用いた公共測量マニュアル(案)

3(3). ICT活用工事の実施方針(発注方式)

- 施工規模により、発注者指定により原則活用、もしくは希望により活用
- いずれの場合も、必要経費については専用の積算基準により変更措置

1) 発注者指定型

発注者の指定によって「ICT活用工事」を実施する場合、別途定める「ICT活用工事積算要領」により、必要な経費を当初設計で計上する。

2) 施工者希望型

受注者の希望によって「ICT活用工事」を実施する場合、別途定める「ICT活用工事積算要領」により、必要な経費を設計変更にて計上する。

このうち、土工量が一定以上の工事は、総合評価落札方式において「ICT活用施工」を評価項目とする。

i) 総合評価で評価項目とする → 総合評価段階で希望(提案)する → 施工者希望Ⅰ型

※(特例措置)入札は従来施工の費用 → 希望(提案)業者が受注した場合、契約締結後に必要な経費を変更計上する。

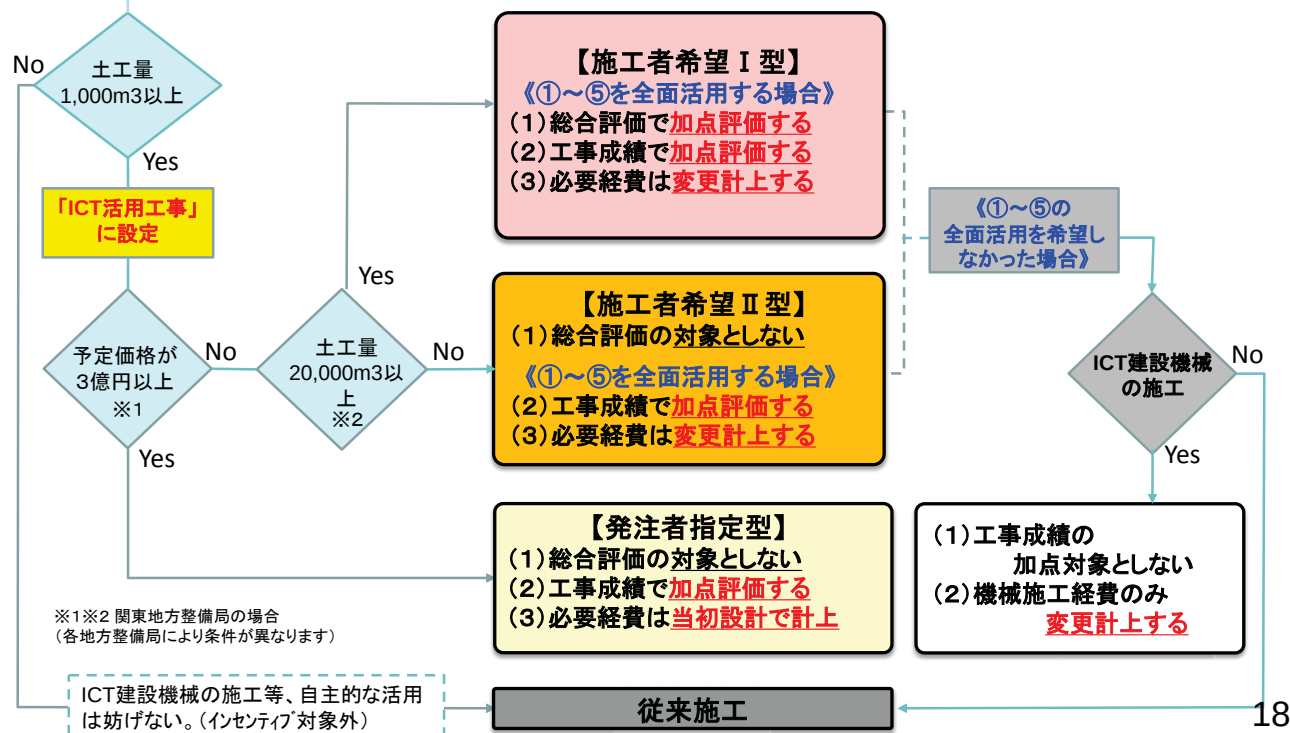
ii) 総合評価で評価項目としない → 契約後に希望(協議)する → 施工者希望Ⅱ型

発注方式	総合評価	工事評点	必要経費
発注者指定型	対象としない	加点点評価する	当初設計で計上
施工者希望Ⅰ型	加点点評価する	加点点評価する	変更計上する
施工者希望Ⅱ型	対象としない	加点点評価する	変更計上する
ICT建設による施工	—	加点点対象としない	変更計上する

3(3). ICT活用工事の実施方針(フロー)

- 1000m³以上の土工量があれば、原則ICT活用工事として公告文等で宣言
- 全プロセスでICT活用しなくても旧来の情報化施工(3DMG/MC)でも当面は可能

土工(工種:掘削工、盛土工、法面整形工)を含む「一般土木工事」

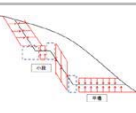
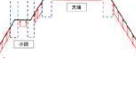


4 新基準(面管理規格値)の検討

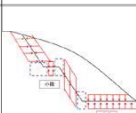
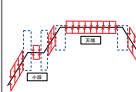
		名称	新規	改訂	本文参照先(URL)
調査・測量・設計	1	UAVを用いた公共測量マニュアル(案)	○		http://psgev2.gsi.go.jp/koukyou/public/uav/index.htm
	2	電子納品要領(工事及び設計)		○	http://www.cals-ed.go.jp/cr/point/ http://www.cals-ed.go.jp/cr/guideline/
	3	3次元設計データ交換標準(同運用ガイドラインを含む)	○		http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bunya/cals/des.html
施工	4	ICTの全面的な活用の実施方針	○		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_sekouanrikijun01.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/qbg/theme/theme2/sr/sur-yo.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(施工パッケージ型積算方式)	○		http://www.mlit.go.jp/common/001124408.pdf

- ・測定箇所は、平場面、天端面、法面の全面の標高較差または、水平較差とする。(現行の土木工事施工管理基準に定められた基準高、法長、幅とは異なる)
- ・法肩、法尻から水平方向にそれぞれ±5cm以内に存在する計測点は標高較差の評価から除く。
- ・同様に鉛直方向に±5cm以内にある計測点は水平較差の評価から除く。

河川土工

工種	測定箇所	測定項目	規格値(mm)		測定基準	測定箇所
			平均値	個々の計測値		
掘削工	平場	標高較差	±50	±150	注1、注2、注3、注4	
	法面(小段含む)	水平または標高較差	±70	±160		
盛土工	天端	標高較差	-50	-150	注1、注2、注3、注4	
	法面 4割5厘		-50	-170		
	法面(小段含む) 4割5厘	標高較差	-60	-170		

道路土工

工種	測定箇所	測定項目	規格値(mm)		測定基準	測定箇所
			平均値	個々の計測値		
掘削工	平場	標高較差	±50	±150	注1、注2、注3、注4	
	法面(小段含む)	水平または標高較差	±70	±160		
路体盛土工 路床盛土工	天端	標高較差	±50	±150	注1、注2、注3、注4	
	法面(小段含む)	標高較差	±80	±190		

注1: 個々の計測値の規格値には計測精度として±50mmが含まれている。

注2: 計測は天端面(掘削の場合は平場面)と法面(小段を含む)の全面とし、全ての点で設計面との標高較差または、水平較差を算出する。計測密度は1点/m²(平面投影面積当たり)以上とする。

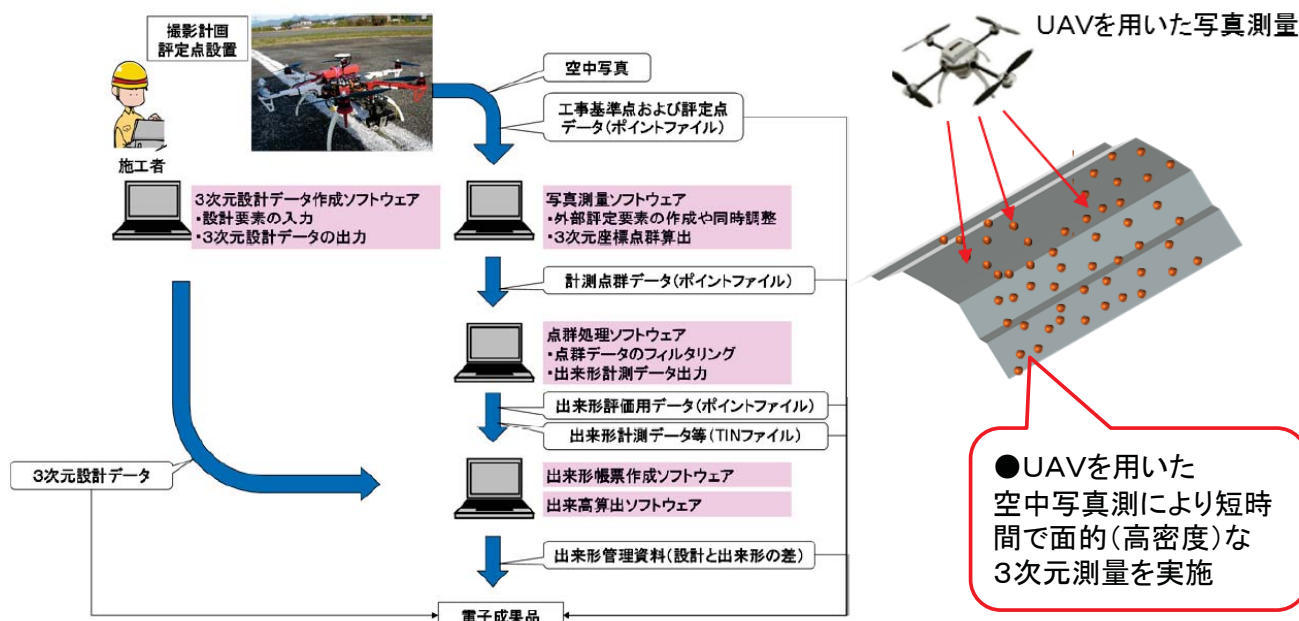
注3: 法肩、法尻から水平方向に±5cm以内に存在する計測点は、標高較差の評価から除く。同様に、標高方向に±5cm以内にある計測点は水平較差の評価から除く。

注4: 評価する範囲は、連続する一つの面とすることを基本とする。規格値が変わる場合は、評価区間を分割するか、あるいは規格値の条件の最も厳しい値を採用する。

※ここでの勾配は、鉛直方向の長さ1に対する水平方向の長さXをX割と表したものだ。

20

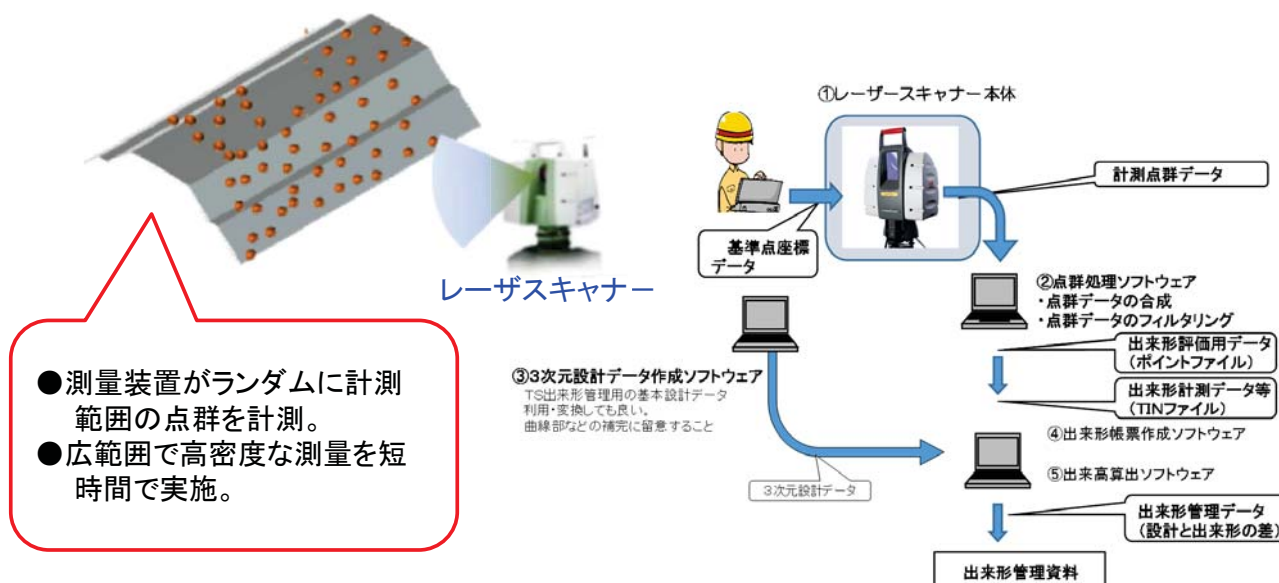
「空中写真測量(無人航空機(以下、UAV))を用いた出来形管理技術」とは、被計測対象の地形の空中写真を撮影し、写真測量用のソフトウェアによる数値化を行い、3次元CADや同様のソフトウェアを用いて、出来形を面的に把握、出来形数量などを容易に算出する技術である。



21

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)

「LSを用いた出来形管理技術」とは、被計測対象の地形を短時間かつ高密度に取得した出来形計測点群(3次元座標値)から、3次元CADや同様のソフトウェアを用いて、出来形を面的に把握、出来形数量などを容易に算出する技術である。



LSによる出来形管理機器の構成例

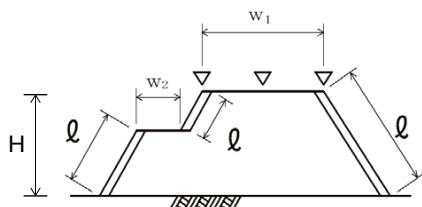
22

4. 面管理のための基準類の整備

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するため、測点を特定することなく評価する「面管理」を出来形管理基準に新設

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

ICT活用工事

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）>

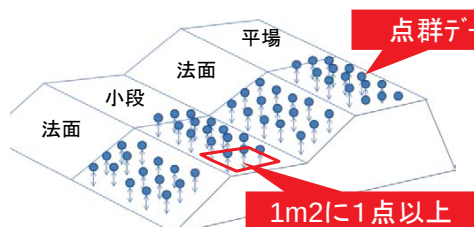
測定基準：測定密度は1点/m²以上

規格値：設計面との標高較差（設計面との離れ）

平場 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



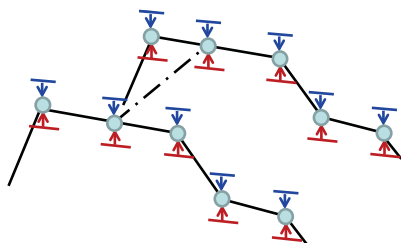
23

4(1). 面管理のコンセプト

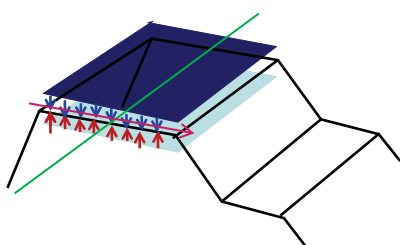
各測点の「高さ」、測点間の座標間距離から算出される「長さ」での管理は、すべて、3次元モデルからの形状の変位の管理に置き換え得る。

□標高値管理基準

- 設計との較差±50mm

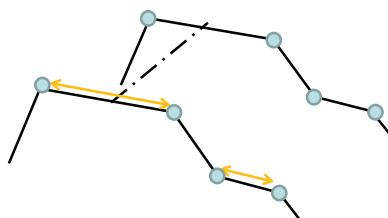


- 天端の標高値の設計との較差で管理可能

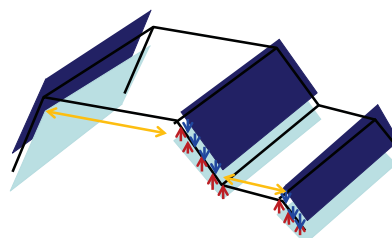


□天端幅管理基準

- 設計との較差－100mm

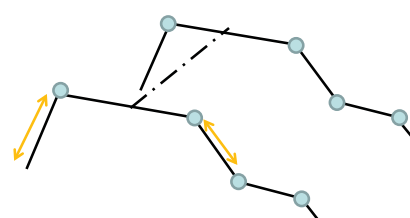


- 天端面の両端の法面の設計との較差で管理可能

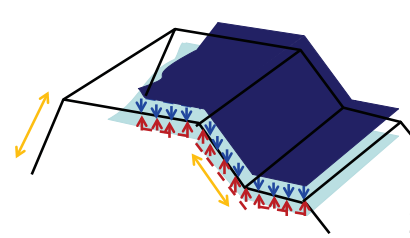


□法長管理基準

- 設計との較差－2or4%



- 法面及びその両端の天端の設計との較差で管理可能



24

4(2). 規格値設定のコンセプト

設計面との離れ(標高較差or水平較差)に規格値を設けて各計測値を管理することを前提とし、従前同等の管理水準となるように規格値を設定する。

(※)「標高」の規格値は換算不要(同じく「標高較差」であるため)

「長さ」の規格値を設計面との較差(標高or水平)の規格値へ換算



平均値に対する規格値として採用

管理測点だけではなく、面的に計測される点群データを用いて「全数管理」をする場合に、上記換算値と現状の面的な施工精度の実態を基に全数管理を設定

※数量の管理は平均値で十分なので、数量は従前同等の管理水準となる。



個々の計測値に対する規格値として採用

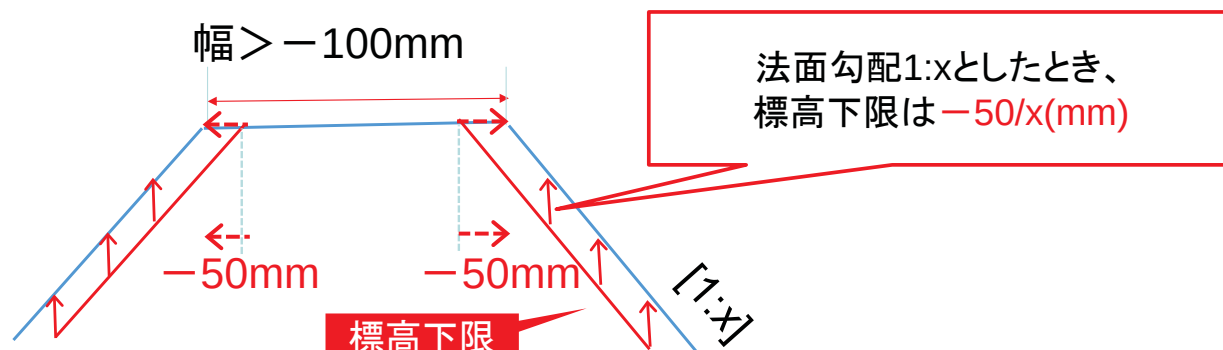
施工精度実態調査

※検査に合格している現場の管理測点以外における設計とのかい離の実態

25

4(3). 規格値の換算①幅員の規格値

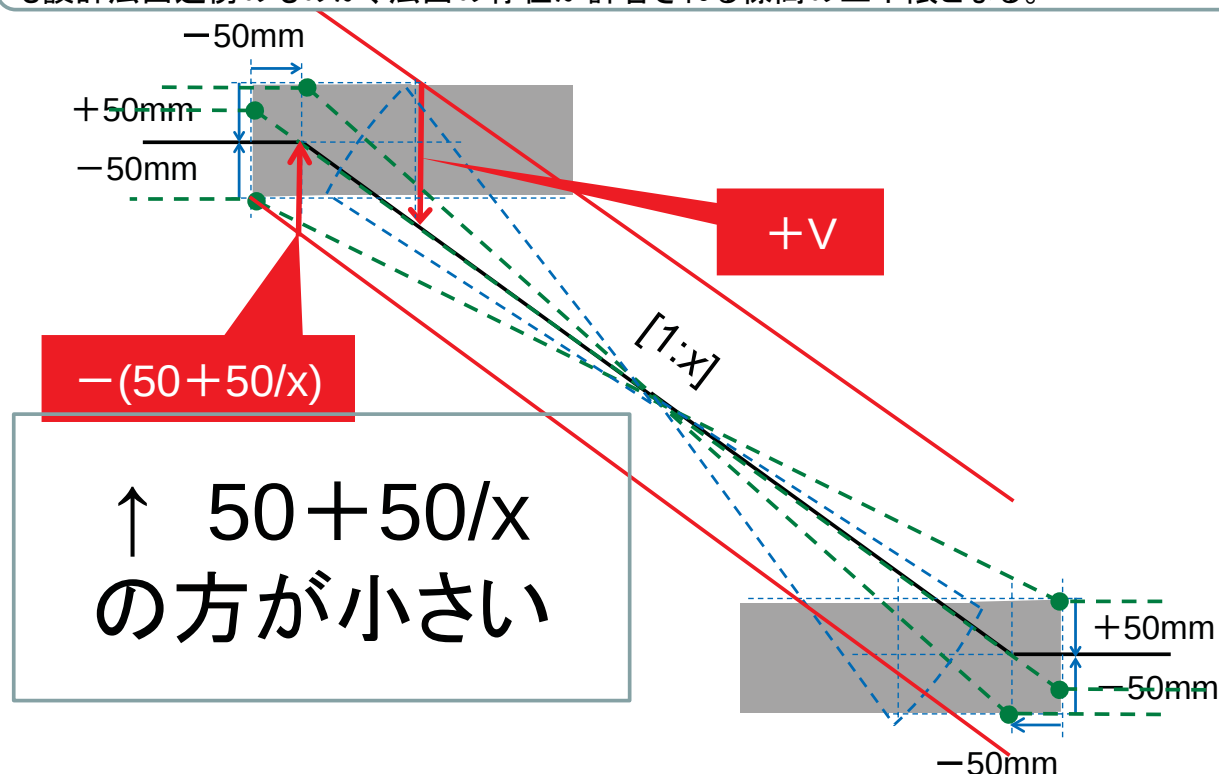
幅員の規格値-100mmを両端に-50mmずつ配分した場合が中心の遷移を規制する意味において最もシビアな管理となる。



26

4(3). 規格値の換算②法面の規格値

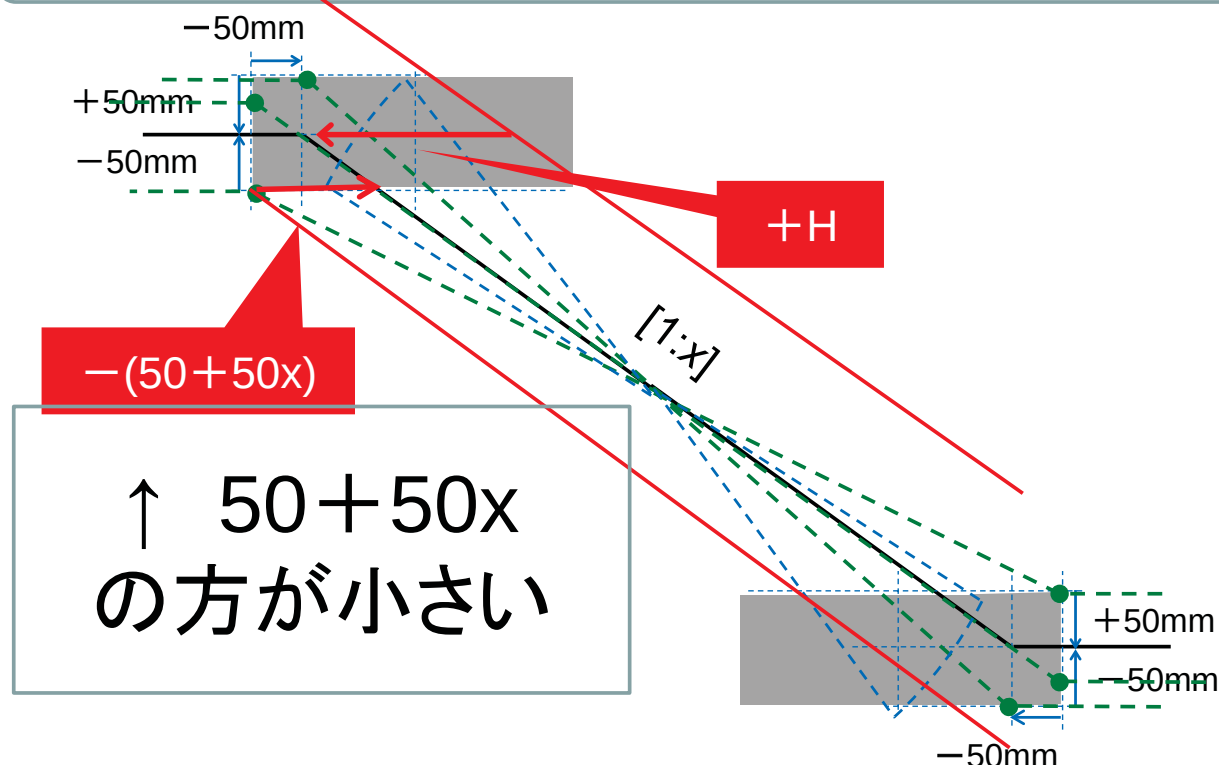
法面の規格値は、法肩、法尻の可動範囲を基に考えられ、幅員と基準高の規格値に由来する可動範囲と、法長の下限值に由来する可動範囲の外縁を法肩・法尻とする法面のうち、最も設計法面近傍のものが、法面の存在が許容される標高の上下限となる。



27

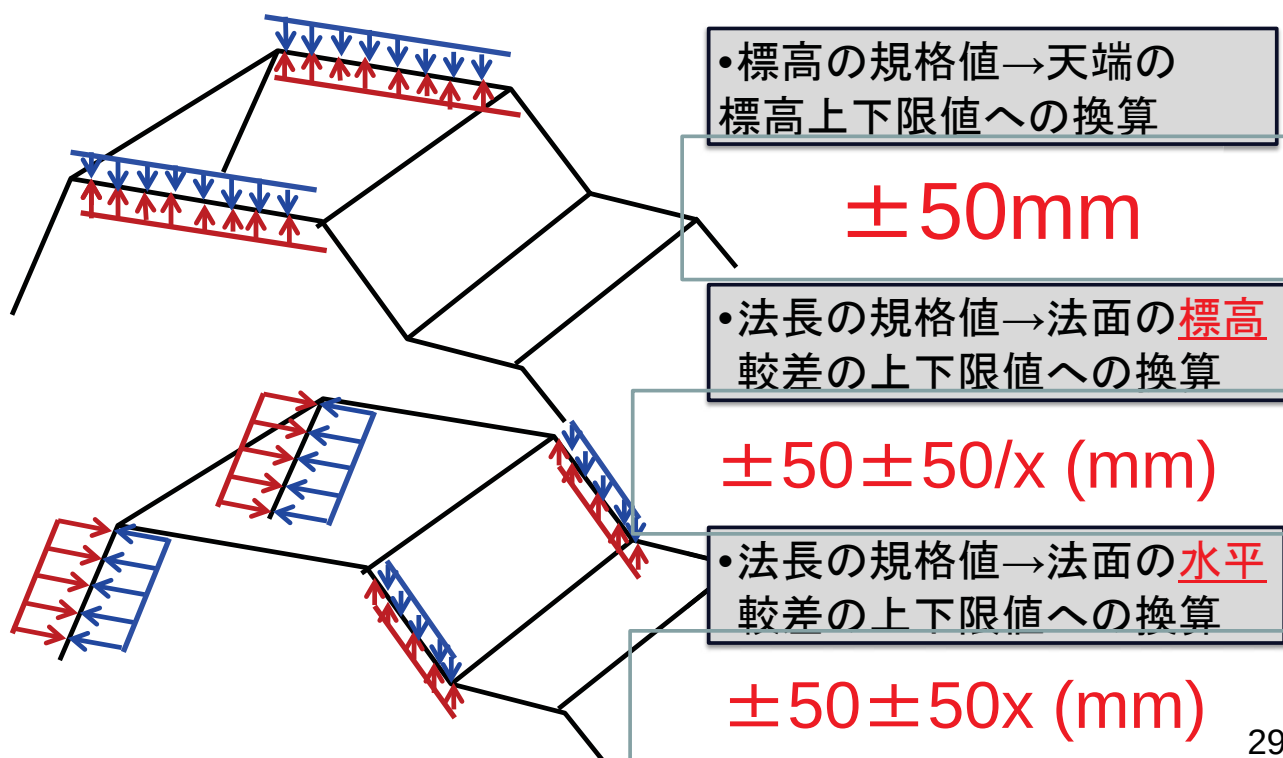
4(3). 規格値の換算②法面の規格値

法面の規格値は、法肩、法尻の可動範囲を基に考えられ、幅員と基準高の規格値に由来する可動範囲と、法長の下限值に由来する可動範囲の外縁を法肩・法尻とする法面のうち、最も設計法面近傍のものが、法面の存在が許容される標高の上下限となる。



4(3). 規格値の換算③換算結果まとめ

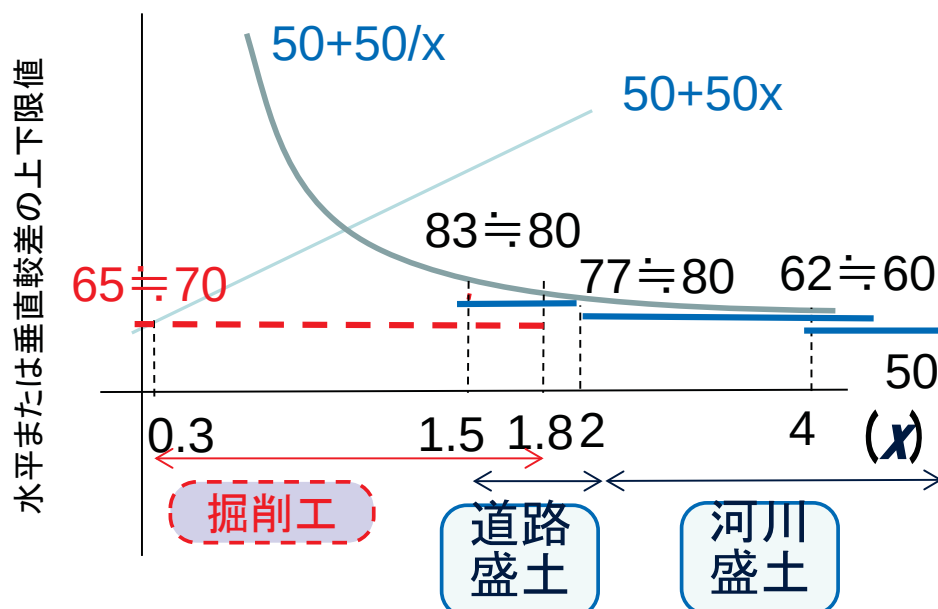
換算結果は以下の通り。法面勾配 x が変数として残り、それにより規格値が変わるのは基準としては扱いにくい→条件区分により割り切って x を定数化する。



4(3). 規格値の換算④法面勾配xの関数の簡略化

法面勾配xの式である法面の許容変位量を適用範囲を区切って定数化する。

道路土工指針，河川砂防技術基準（設計編），河川堤防指針及びそれらを参考とする地整の標準設計マニュアル類における，土質・岩質毎の標準法勾配の範囲から区分を設定。

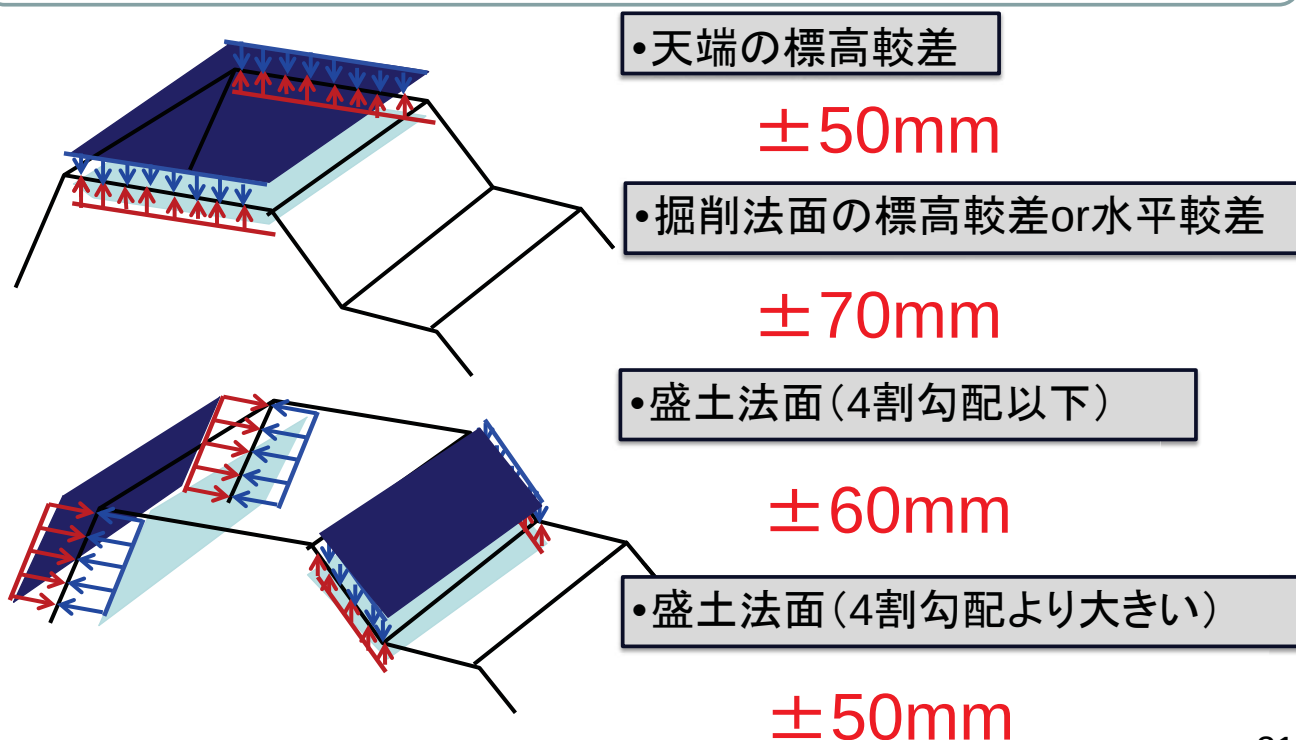


(※)四捨五入で10mm単位とした(※)区間最小値とした

30

4(3). 規格値の換算⑤換算結果まとめ(簡略化後)

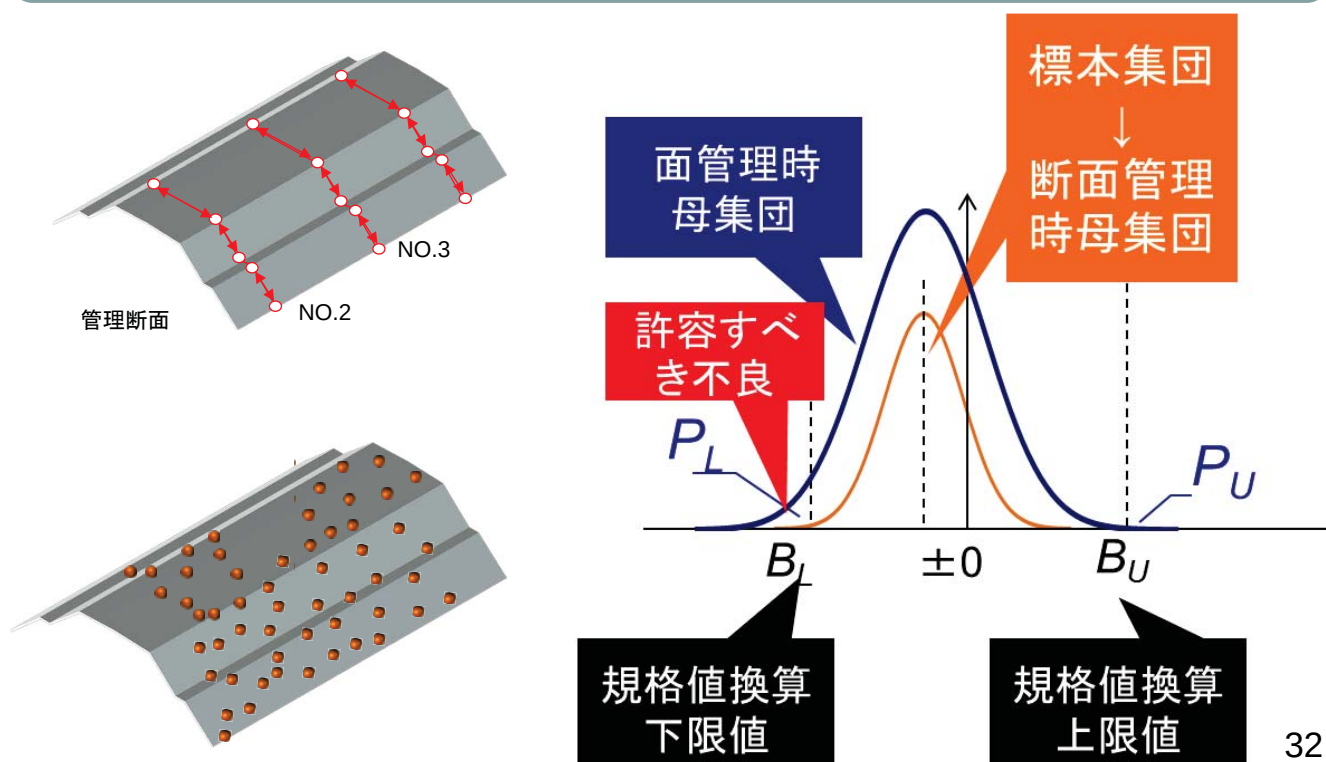
結果は以下の通り。これは管理断面上での管理を前提に換算したもので、全数管理的な面管理の規格値にそのまま採用とすると過剰管理となる可能性がある。



31

4(4). 面管理規格値設定①設定コンセプト

断面管理を想定した規格値換算の上下限値を面管理に適用すると、従前合格していた構造物まで不合格としてしまうため、これを外れることはある程度許容すべき。



4(4). 面管理規格値設定②設定手順

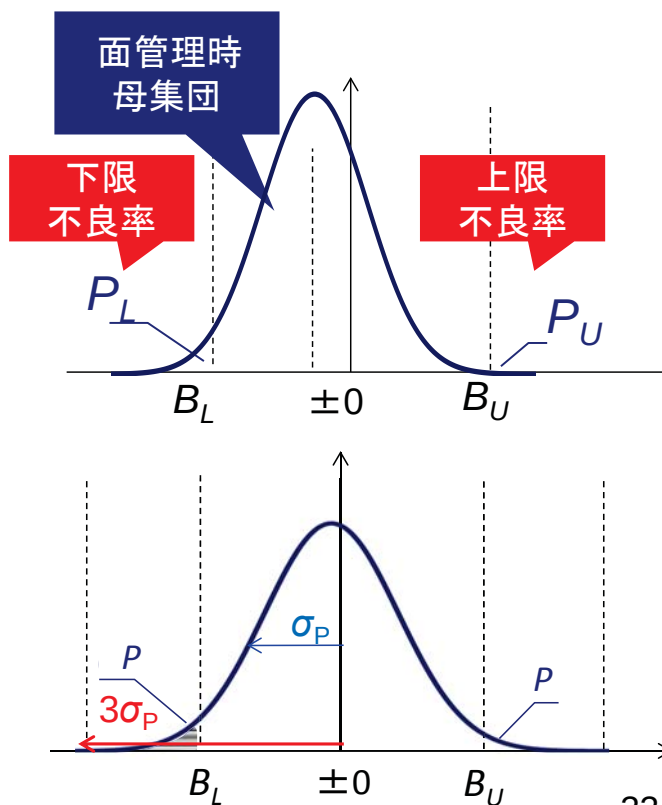
バラツキは正規分布に従う前提で、許容すべき不良考慮した全数規格値を設定

施工精度実態調査により、規格値換算値を境界とするそれを外れた点数の占める割合として、
 ・下限不良率 P_L
 ・上限不良率 P_U を算出

P_L 、 P_U のうち大きい方を
 ・不良率 P と定義

P を許容する平均値 ± 0 の正規分布を施工管理目標とし、当該分布の標準偏差を σ_P とする。

全数管理の規格値としては、
 $3\sigma_P$ とする。



P_L 、 P_U を算出するため管理断面間のバラツキの実態を調査

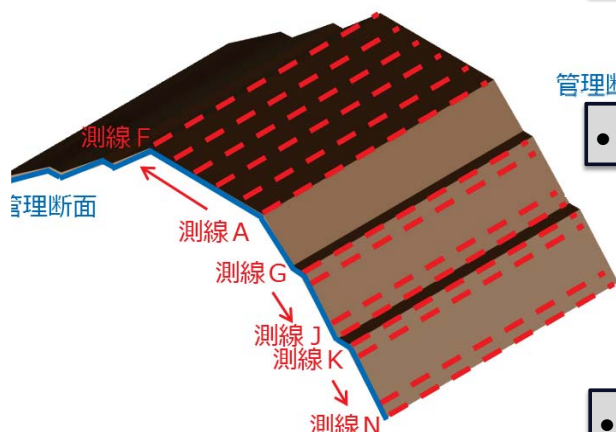
•取得機器

TS(プリズム方式)

管理断面

•測線条件

ブレイクライン上及びその
上下1測点ずつ2m間隔
測線長さは任意



•現場諸元

道路掘削: 3現場(天端・法面)

河川掘削: 2現場(天端のみ)

道路盛土: 7現場(天端6・法面5)

河川盛土: 5現場(天端5・法面4)

34

$3\sigma_p$ を算出した上で、個々の計測値の規格値として設定

工種	作業区分	施工箇所	平均値 規格値 (案)	不良率P (P_U/P_L)	σ_p (mm)	$3\sigma_p$	個々の 計測値 規格値
道路土工	盛土	天端	±50mm	6.2(6.2/0.2)	33	±99mm	±150mm
		法面	±80mm	4.7(1.1/4.7)	48	±144mm	±190mm
	掘削	天端	±50mm	5.9(2.0/5.9)	32	±96mm	±150mm
		法面	±70mm	4.4(2.7/1.7)	36	±108mm	±160mm
河川土工	盛土	天端	−50mm	8.2(−/8.2)	36	−107mm	−150mm
		法面	−60mm	6.8(−/6.8)	41	−126mm	−170mm
	掘削	天端	±50mm	24.2(8.1/24.2)	73	219mm	±150mm
		法面	±70mm	データなし	データなし	データなし	±160mm

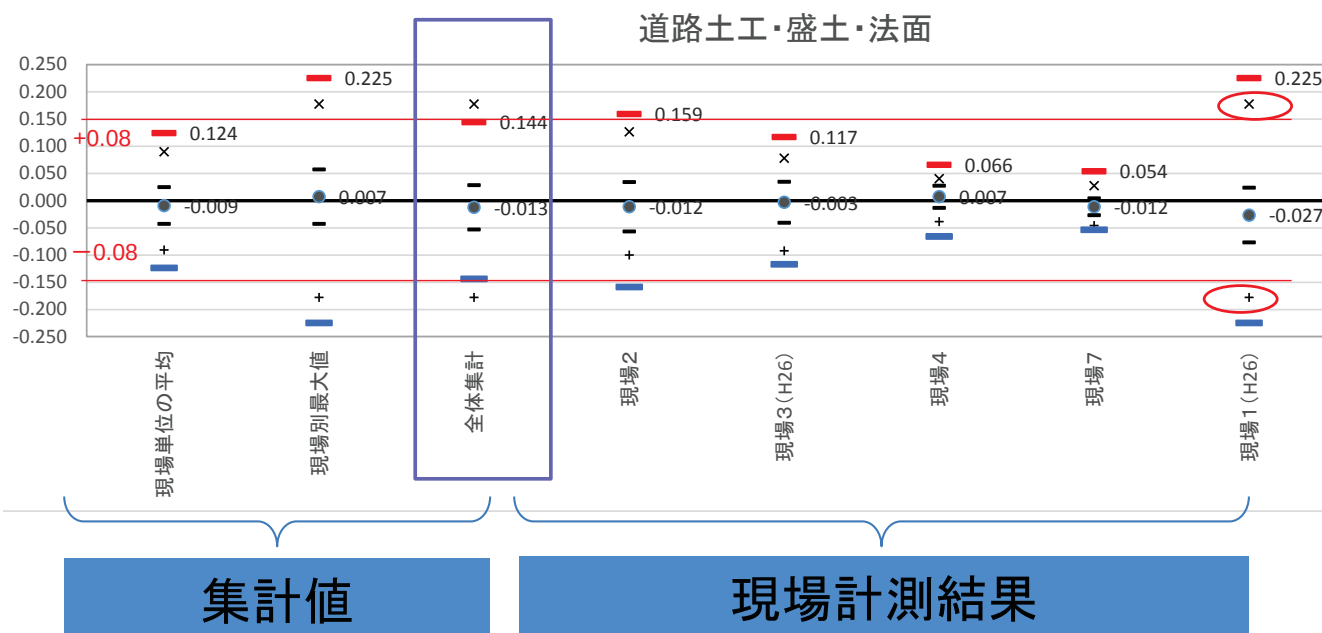
(※)個々の規格値の考え方

$3\sigma_p$ を四捨五入(河川盛土は切り捨て)した値に計測精度として50mm加算。施工精度と計測精度は誤差の要因が独立しており、計測結果はその合計であるため。河川土工の掘削については、道路土工のデータからセットした。

35

4(4). 面管理規格値設定⑤規格値案の検証

- ・各現場の較差最大値、最小値のプロット結果と個々の計測値の規格値案を比較
- ・原因が特定可能な1か所を除き、個々の計測値の規格値案に収まった
- ・規格値案を超過したのは、地山との擦り付け部分の仕上がりであった
→これまでも法長管理がなされていないような事例であり、管理から外すべき



36

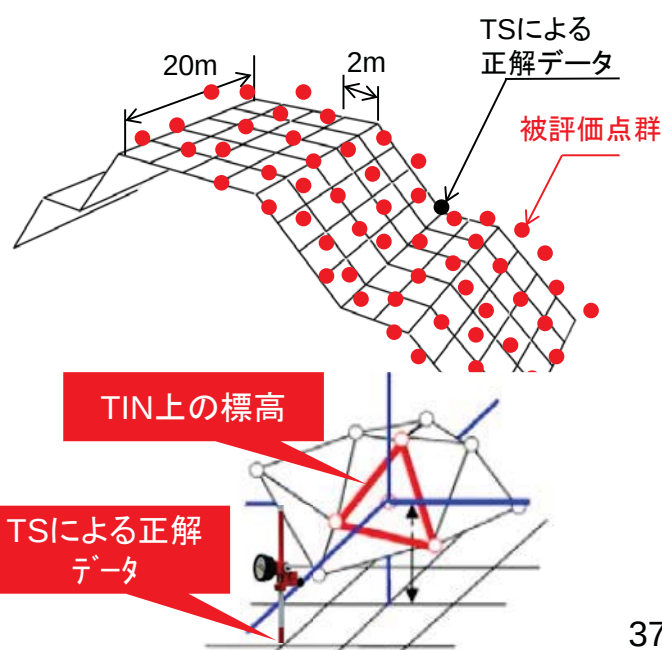
4(5). 計測精度検証 ① 検証方法

- ・出来形管理基準は点群座標の精度が5cmであることを想定している。
- ・地上型レーザースキャナまたはUAVによる空中写真の復元点群で、精度が達成可能かどうかの検証
- ・特定の検証点だけではなく、検証ゾーンにおける面的な精度検証を実施

検証ゾーンは、TSを用いて、

- ・管理断面上に2m間隔の測点
- ・管理断面間20mに6測線を標高正解データとして計測

被評価点群の標高は、点群からTINデータ化、TS正解データを格子点とするTIN補完法により算出



37

・地上型レーザースキャナは、最大の計測距離において、既知座標間距離が真値との誤差2cm以内であることを確認した機材、条件において計測

・UAV空中写真測量は以下の計測条件で実施

地上画素寸法

1cm／画素程度

ラップ率

進行方向80%

隣接方向60%

標定点設置間隔

100m間隔目途

使用sfmソフト

Pix4D



38

・レーザースキャナの場合、精度が概ね5cmであることが確認できた。
・5cmを超過した点は要因や対処の仕方が明らかであるため。

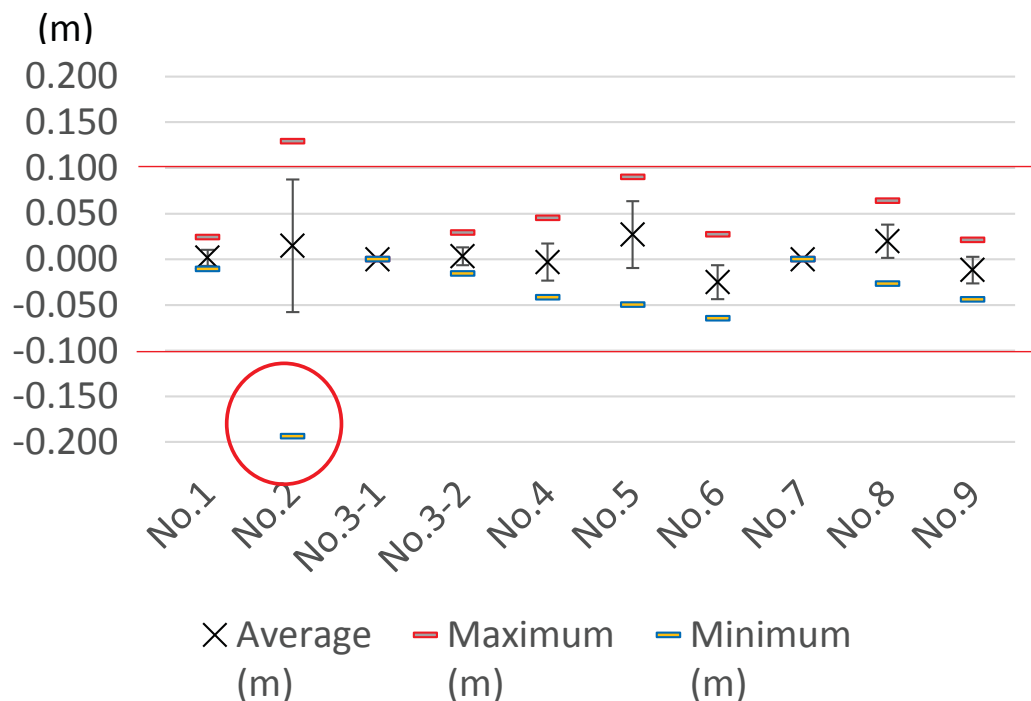
・天端の結果の例



39

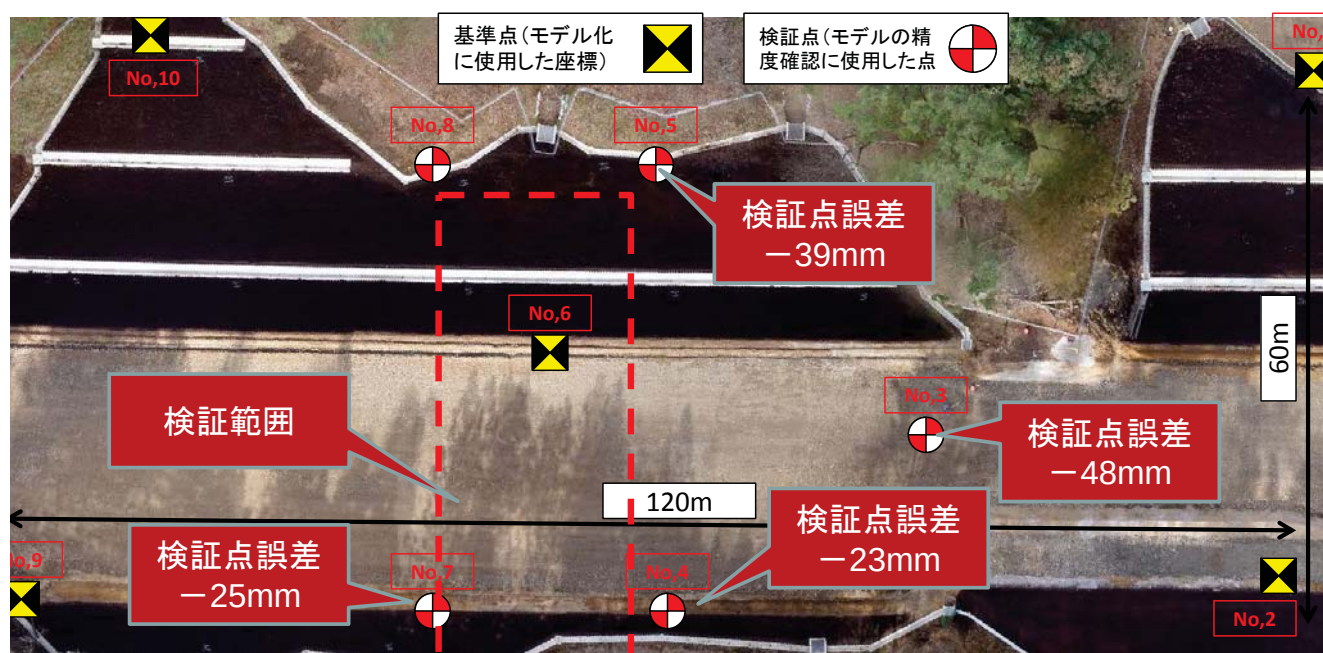
・UAV空中写真測量の場合、精度が概ね5cmとはいえない。

・法面の結果の例



40

・現場No2: 検証範囲周辺の検証点誤差が軒並み悪い→モデルがゆがんでいた？



レーザースキャナを用いれば±50mmの計測精度は達成可能であるため、出来形管理基準として許容する計測誤差は±50mmとした。

41

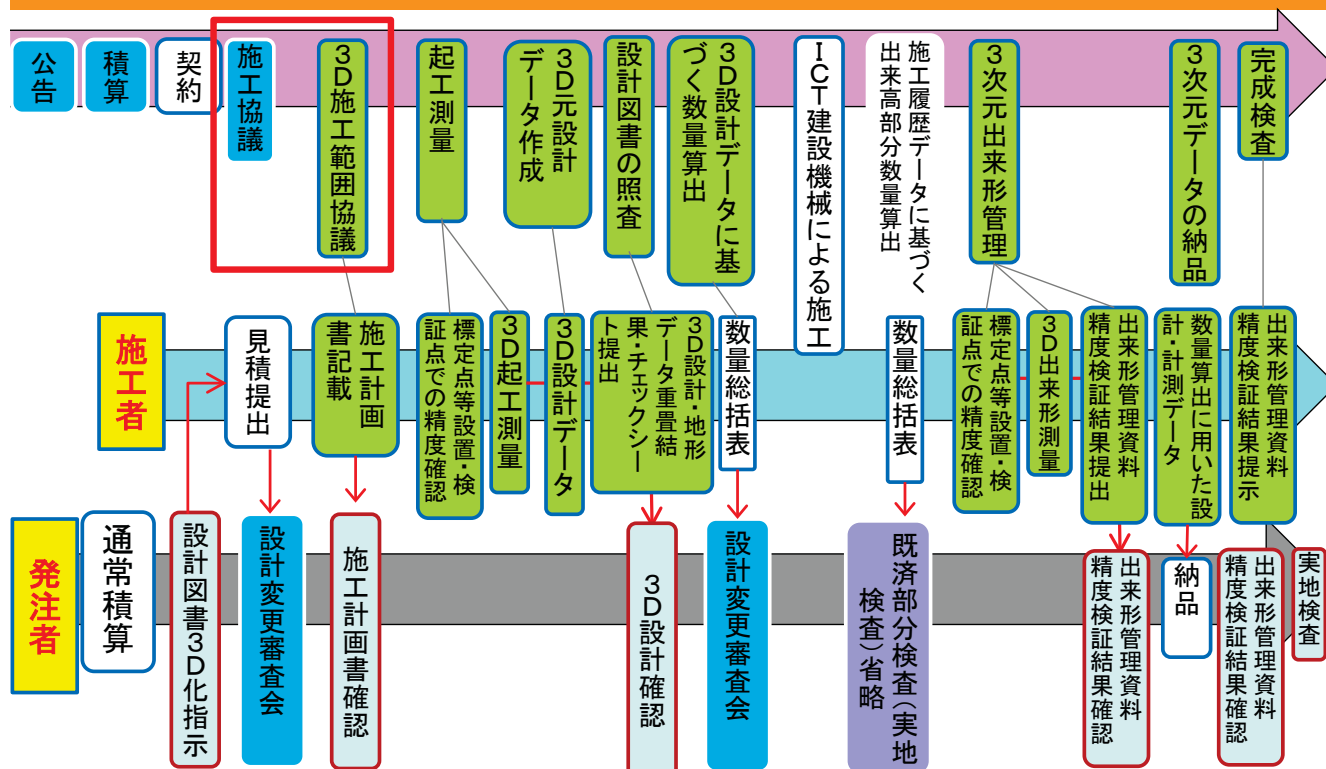
4(6). 面管理規格値の結論 ～出来形管理基準(決定)

工種	測定箇所	測定項目	規格値(mm)		測定箇所
			平均値	個々の計測値	
河川盛土	天端	標高較差	-50	-150	
	4割<法勾配	標高較差	-50	-170	
	4割≧法勾配	標高較差	-60	-170	
掘削工	平場	標高較差	±50	±150	
	法面(小段含)	水平or標高較差	±70	±160	
路体路床盛土工	天端	標高較差	±50	±150	
	法面(小段含)	標高較差	±80	±190	

- ・個々の計測値の規格値には計測精度として±50mmが含まれる。
- ・計測密度は1点/m²(平面投影面積当たり)以上とする。
(一部注意書き省略)

42

5. ICT活用工事の発注～工事完成までの流れ(①施工協議)



実施方針通知(HP未掲載)

13, 14監督検査要領に記載

【凡例】 8, 9出来形管理要領に記載

6 施工履歴データによる土工の出来高算出要領(案)
12部分払における出来高取扱方法(案) に記載

43

5. ①施工協議(ICT活用工事の設定)

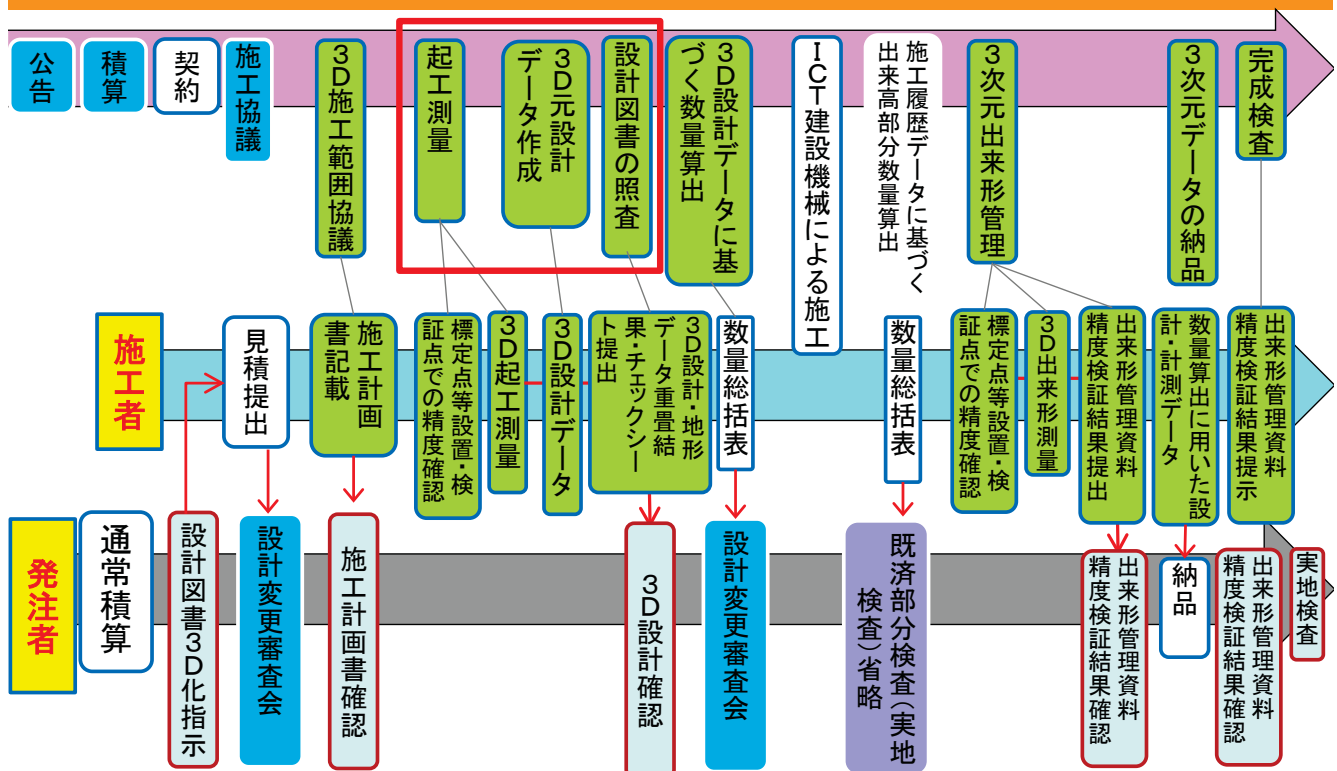
ICT活用工事の設定に係る実務内容と解説事項

フロー	受注者の実務内容	監督職員の実務内容
ICT施工を希望する旨の提案・協議	・ICT施工を希望する旨の協議の作成	・ICT施工希望の受理・指示
設計図書の3次元化の指示の了解		・設計図書の3次元化の指示 起工測量(UAV、LS、その他) 3次元設計データ(3次元設計データがない場合)
具体の工事内容及び対象範囲の協議	・具体の工事内容及び対象範囲の協議の作成	・具体の工事内容及び対象範囲の受理・確認
3次元起工測量経費、3次元設計データ作成経費の見積り提出	・見積り書の作成	・3次元起工測量経費、3次元設計データ作成経費の見積り提出依頼

- ▶ 施工者希望Ⅱ型のICT活用工事では、契約後、施工計画書の提出までに、受注者がICT施工を希望する場合には希望する旨の書類を作成し、協議をします。**発注者はその内容を確認**します。
- ▶ ICT活用工事では、契約した設計図書が3次元化していない場合は、契約後に**発注者より3次元の設計図書を作成する指示**をします
- ▶ 発注者指定型、施工者希望Ⅰ型及び、ICT施工を実施することとなった施工者希望Ⅱ型のICT活用工事では、受注者がICT活用の具体の工事内容と対象範囲を記載した書類を作成し、協議します。**監督職員はその内容を確認**します。
- ▶ 発注者から**3次元起工測量経費、3次元設計データ作成経費の見積り提出の依頼**があるので、受注者が見積り書を作成し、提出します。**発注者はその内容を確認**します。

44

5. ICT活用工事の発注～工事完成までの流れ(②起工測量～照査)



実施方針通知(HP未掲載)

13, 14監督検査要領に記載

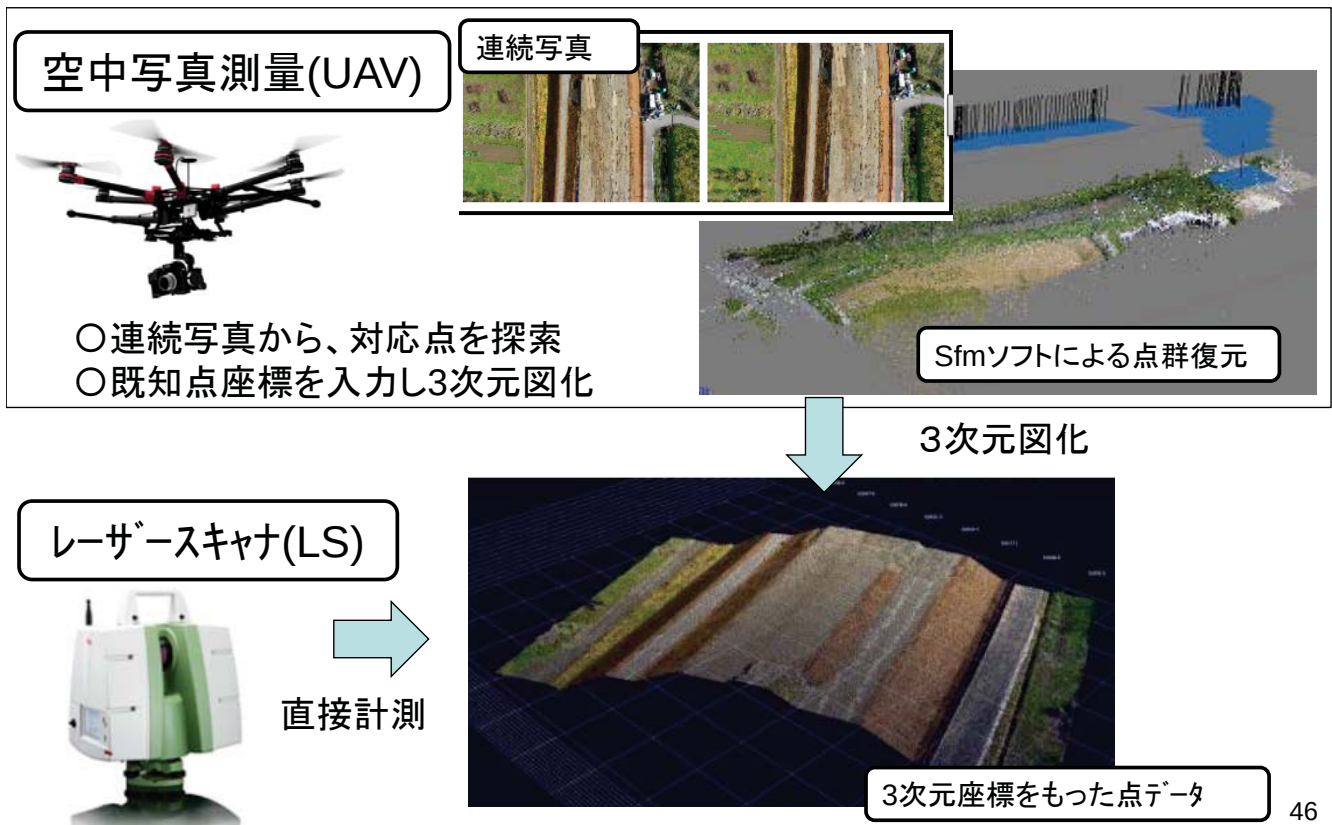
【凡例】 8, 9出来形管理要領に記載

6 施工履歴データによる土工の出来高算出要領(案)
12部分払における出来高取扱方法(案) に記載

45

5. ②3次元起工測量(測量方法)

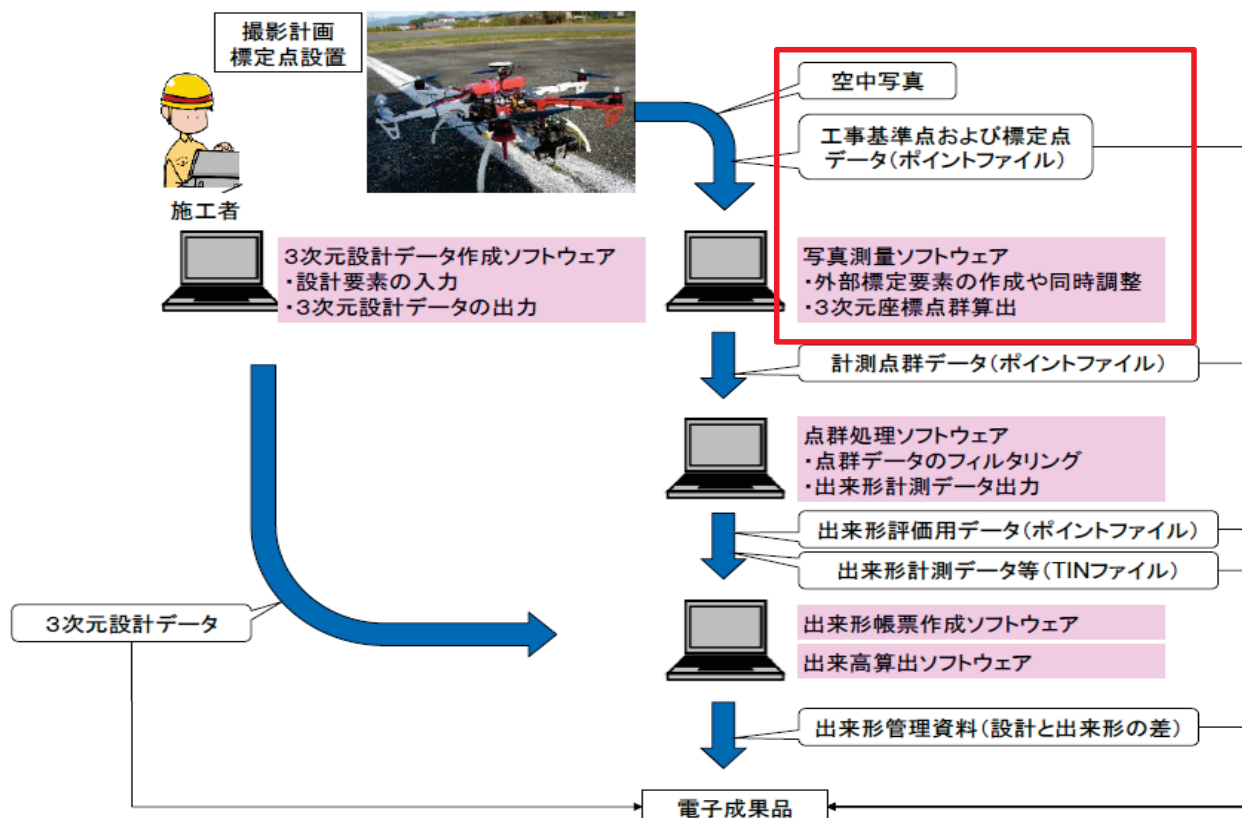
■伐採後の現地盤形状を取得する



46

5. ②3次元起工測量(空中写真測量:UAV)

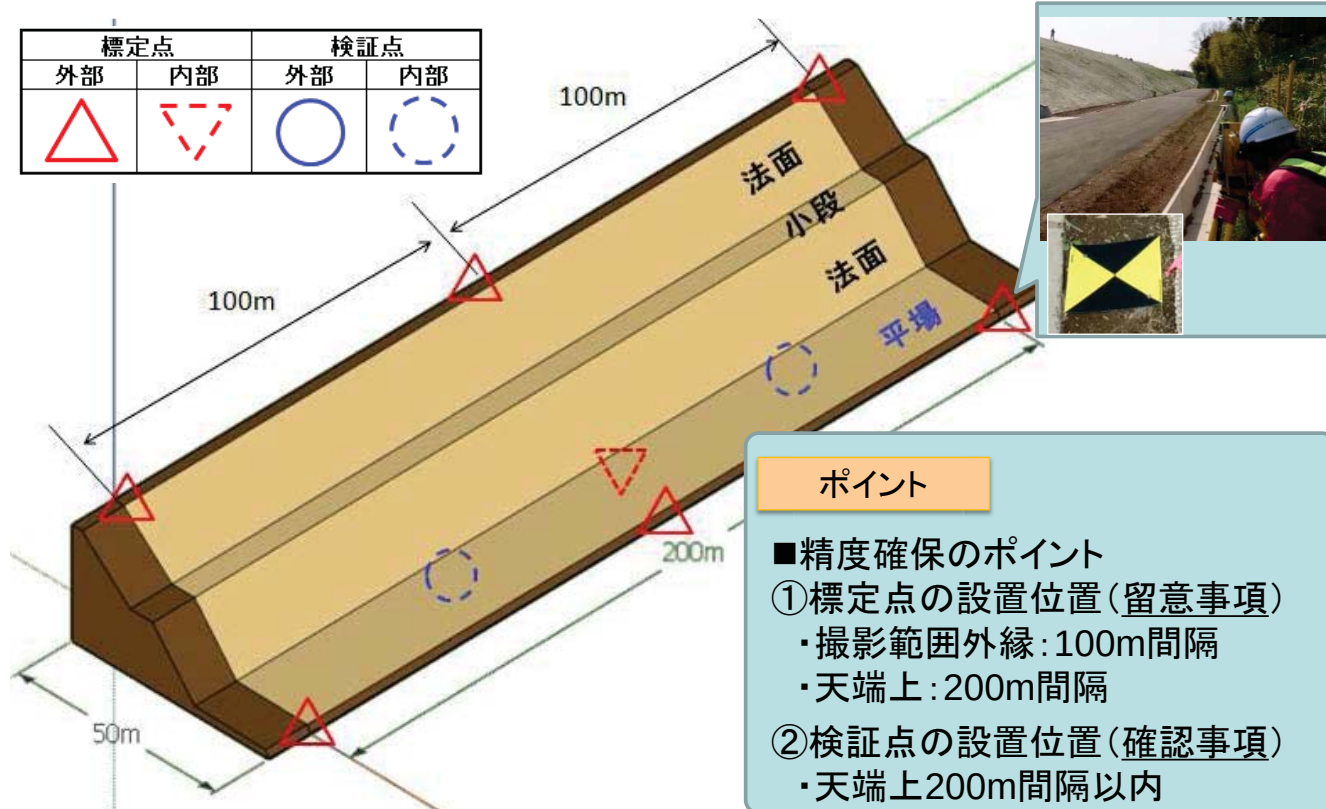
■全体の流れ(空中写真測量)



5. ②3次元起工測量(標定点、検証点の設置:UAV)

- 写真測量で復元される3次元点群に測地座標を与えるため、予め「標定点」設置
・合わせて精度検証を行う「検証点」も設置する。

標定点		検証点	
外部	内部	外部	内部



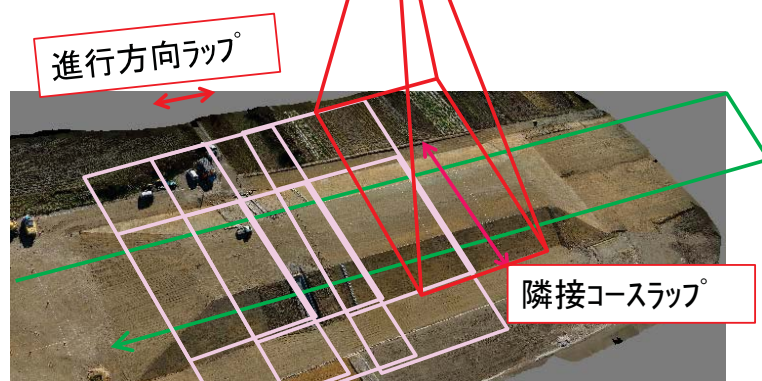
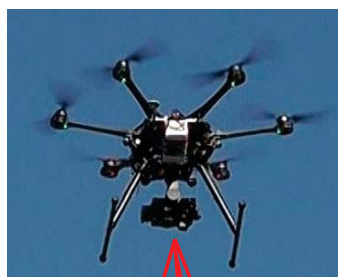
ポイント

■精度確保のポイント

- ①標定点の設置位置(留意事項)
 - ・撮影範囲外縁:100m間隔
 - ・天端上:200m間隔
- ②検証点の設置位置(確認事項)
 - ・天端上200m間隔以内

5. ②3次元起工測量(空中写真測量:UAV)

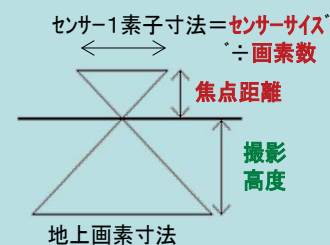
- UAVに搭載したカメラを用いて連続撮影をする。
・一定の速度で飛行することで写真測量に必要なステレオ写真を取得



ポイント

■精度確保のポイント

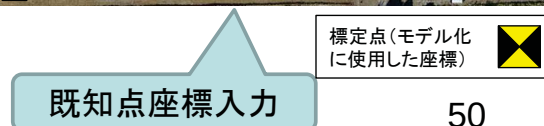
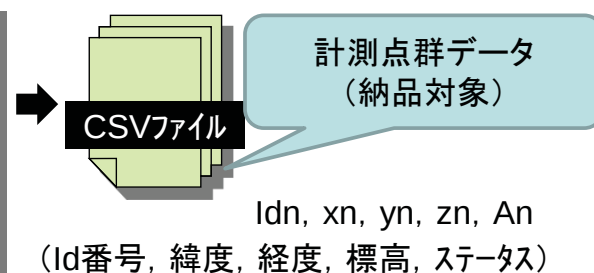
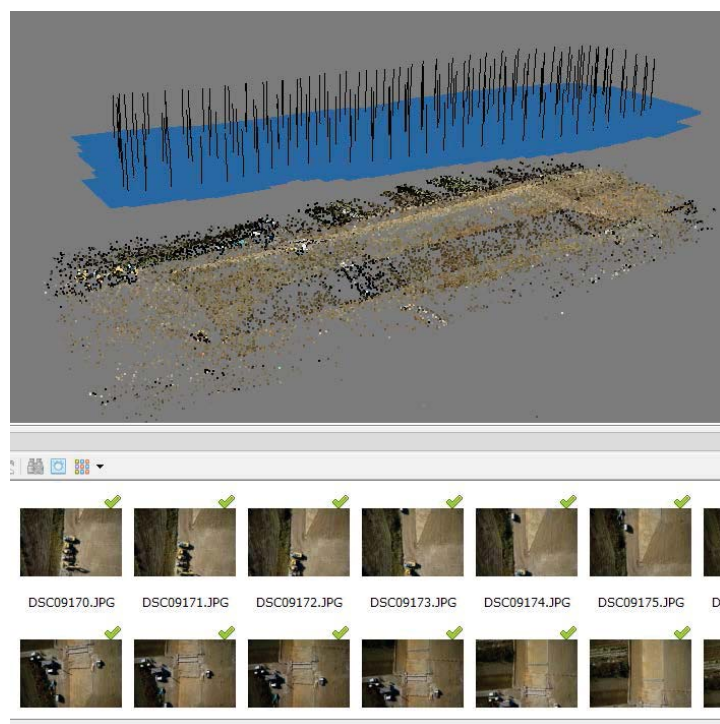
- ①ラップ率
 - ・隣り合う連続写真の重なる割合(目安:留意事項)
 - ・進行方向:90%
 - ・隣接コース:60%
- ②地上画素寸法(確認事項)
 - ・センサーサイズ,画素数,焦点距離
(機材スペック)
 - ・撮影高度
(運用)



5. ②3次元起工測量(3次元形状の生成:UAV)

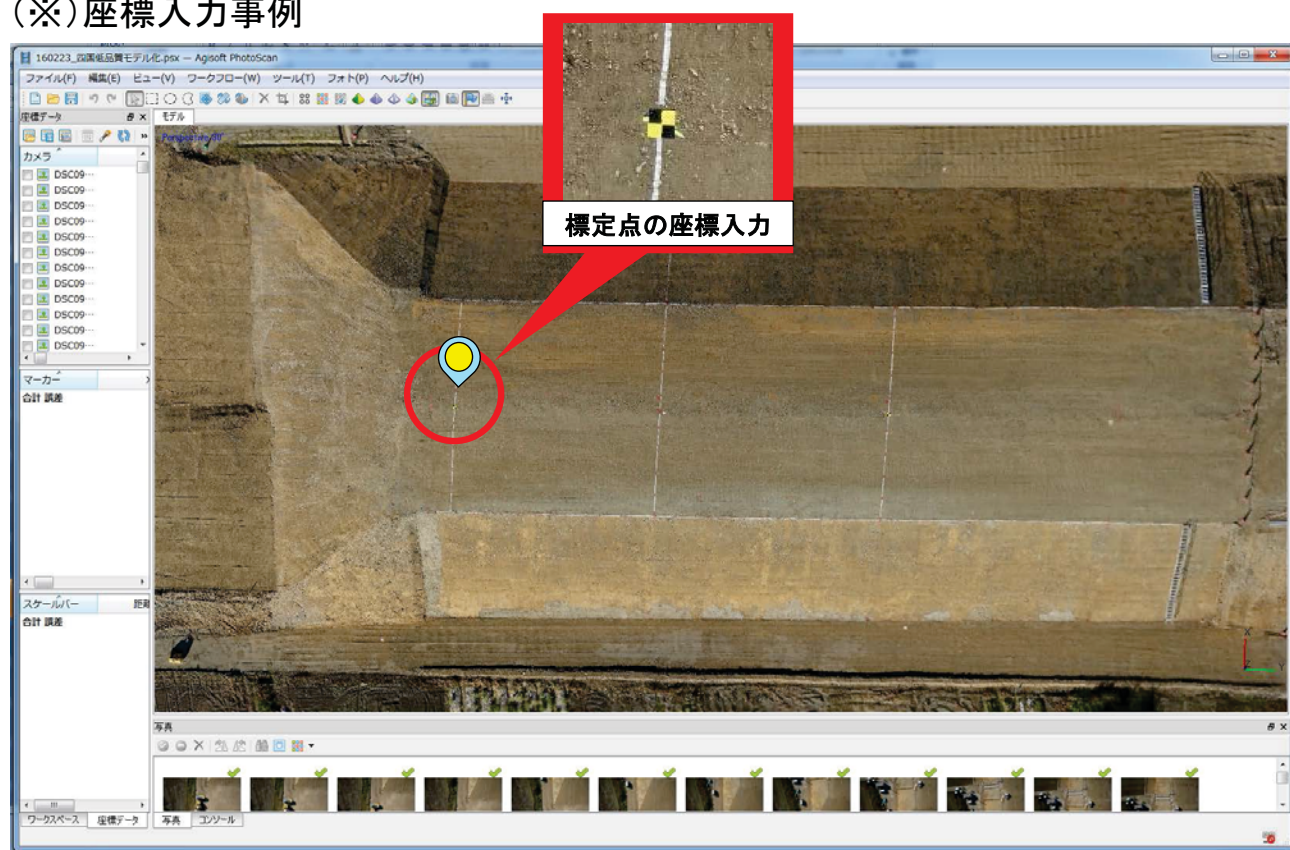
■連続写真をsfmソフトに読み込み写真解析→3次元形状の生成

- ・写真に写しこませた実測済み標定点の座標を与えて誤差配分する。
- ・測地座標を与えた点群データは「計測点群データ」として納品の対象



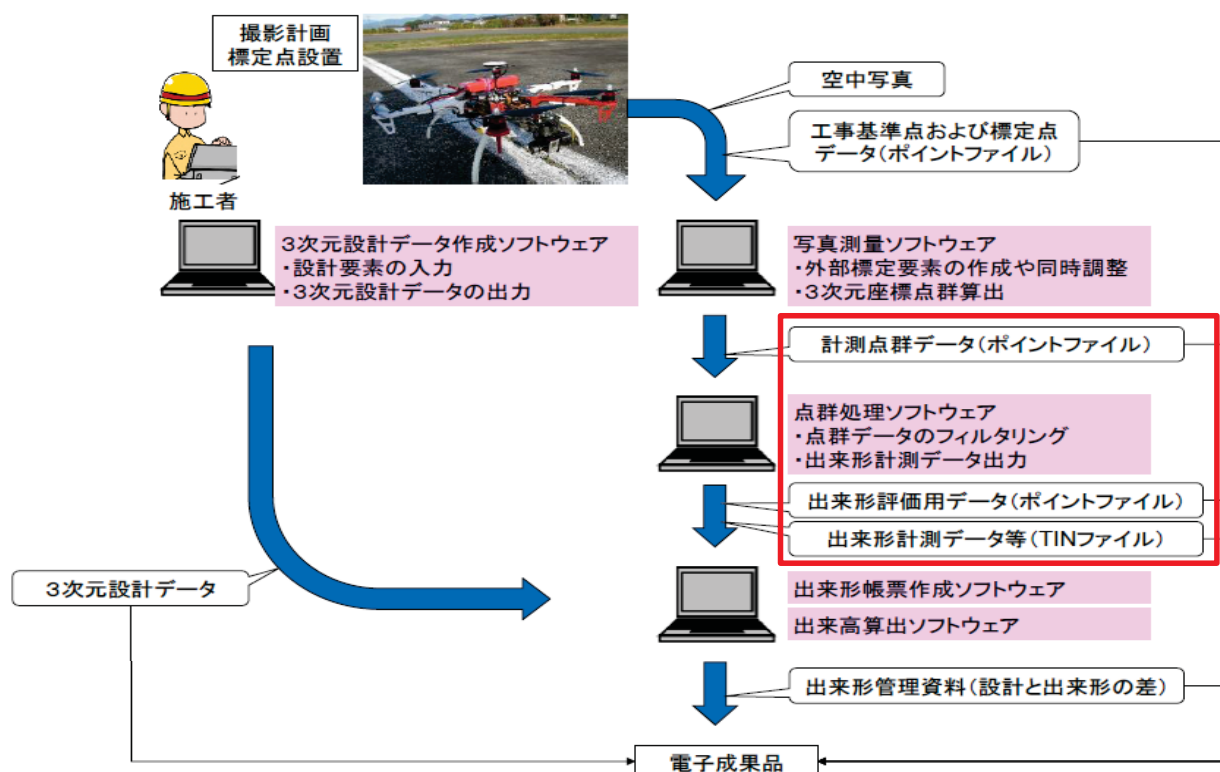
5. ②3次元起工測量(座標の設定:UAV)

(※)座標入力事例



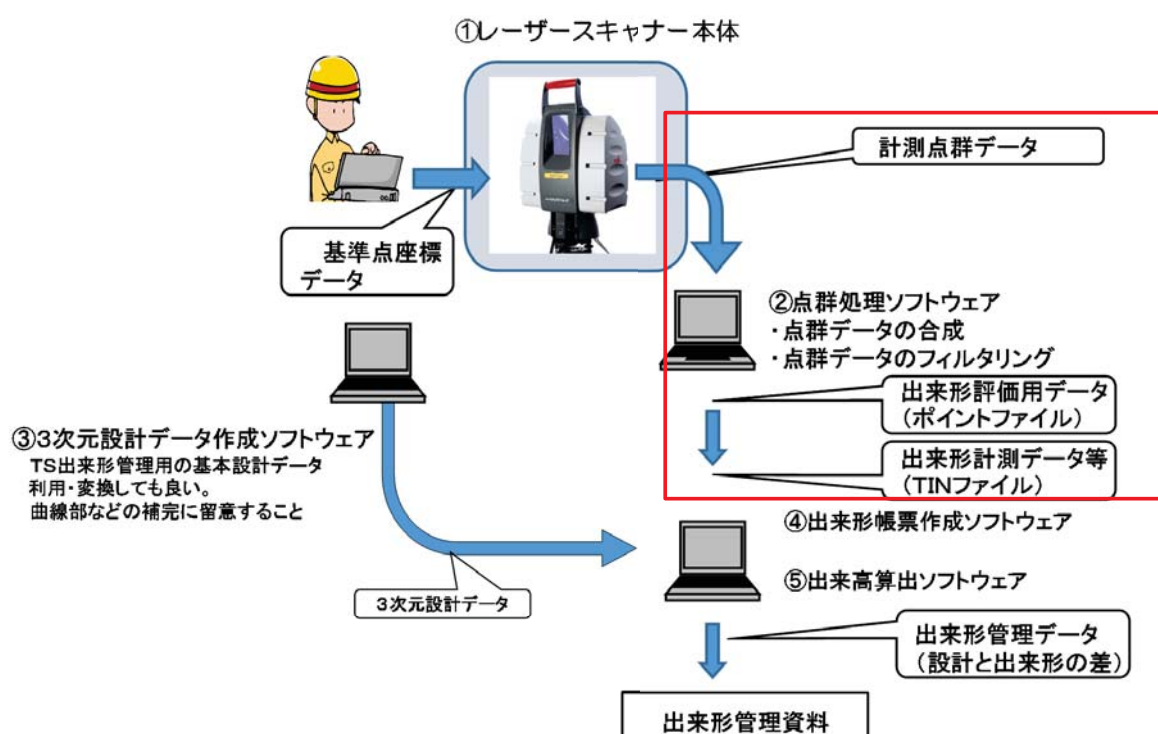
5. ②3次元起工測量(点群処理:UAV)

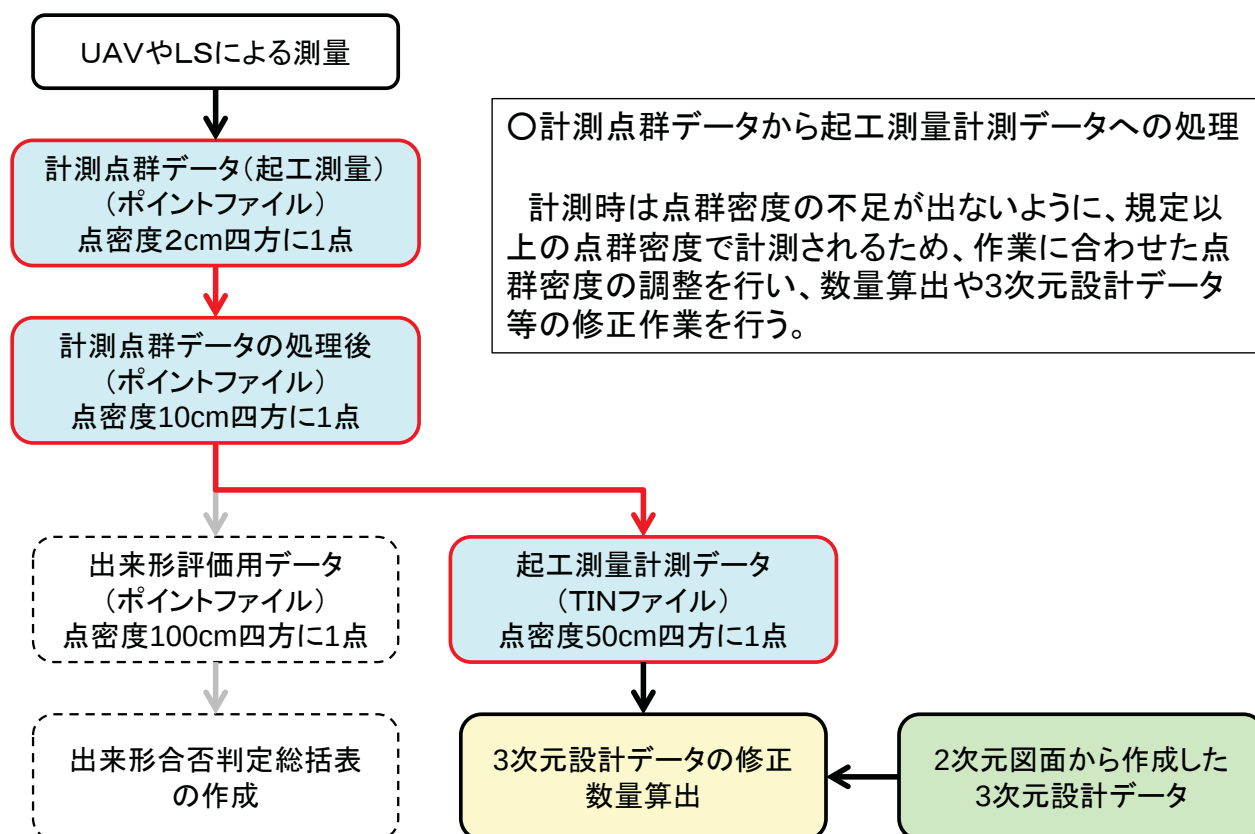
■全体の流れ(点群処理)



5. ②3次元起工測量(点群処理:LS)

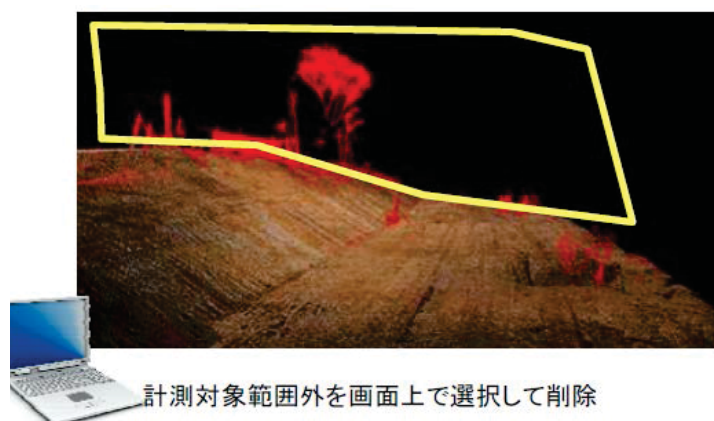
■全体の流れ(点群処理)





■計算処理をしやすいくするため、必要のないデータを削除する(してもよい)

【トリミング】

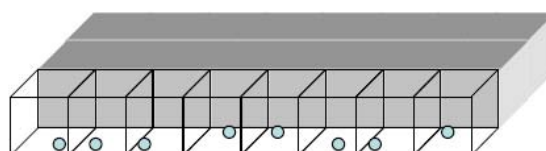
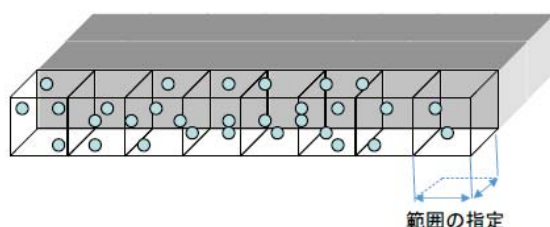


ポイント

間引きのルール

- ①純粋な削除はOK、
 - ・各点の数値の加工はNG (平均処理はNG)
- ②所要の密度確保
 - ・数量算出・起工測量用のデータとして
 - 50cm間隔以内

【フィルタリング(一例)】

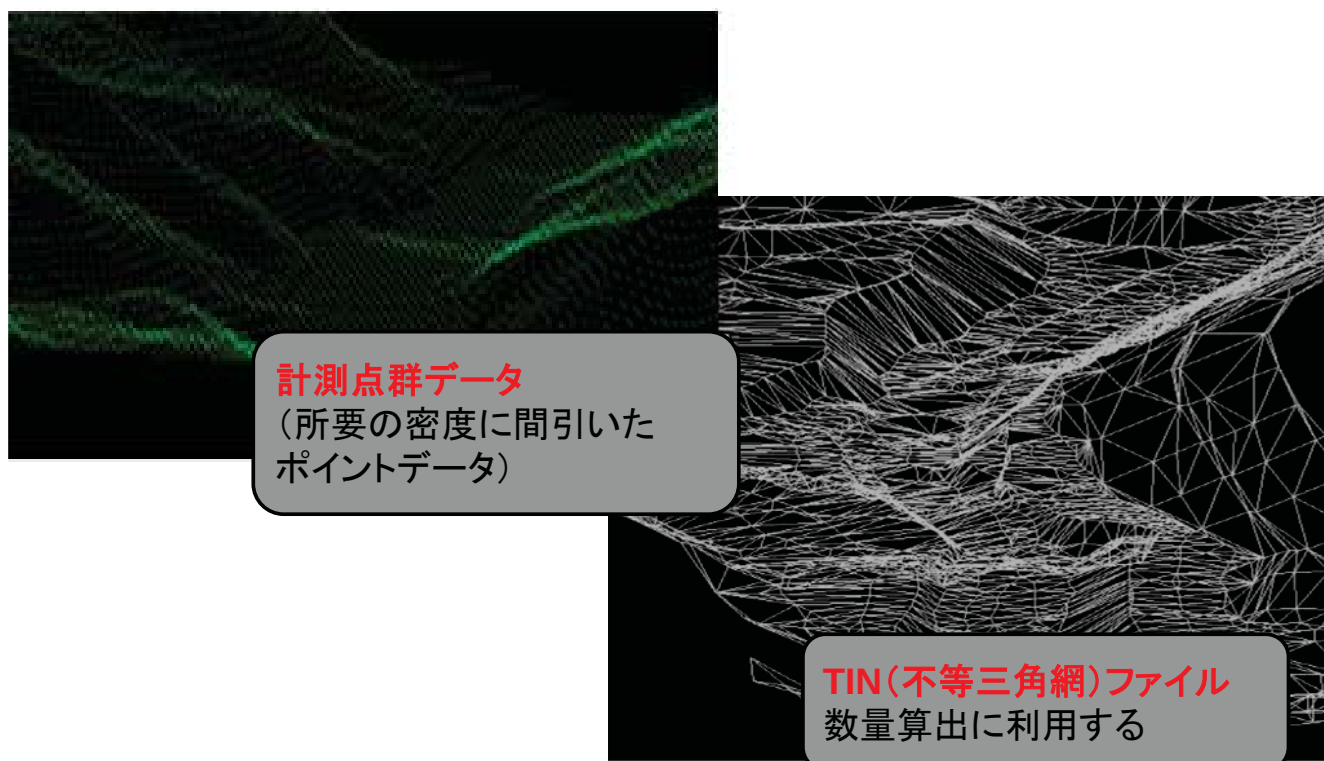


対象を分割して代表点のみを抽出

例:最下点(盛土管理に有利)、中央点等様々な抽出方法がある。

5. ②3次元起工測量(TINの生成)

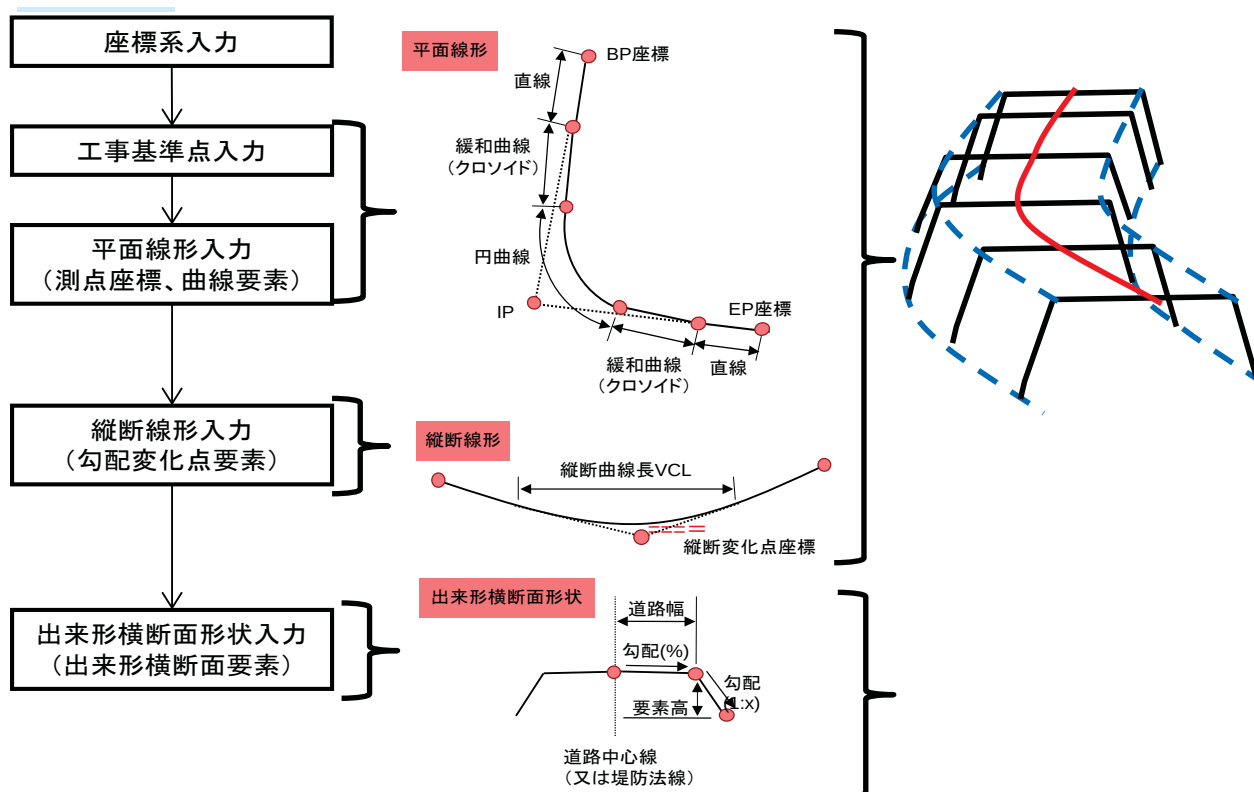
■TINデータを生成する



5. ②3次元設計データ作成(作成手順)

3次元設計データの作成手順とイメージ

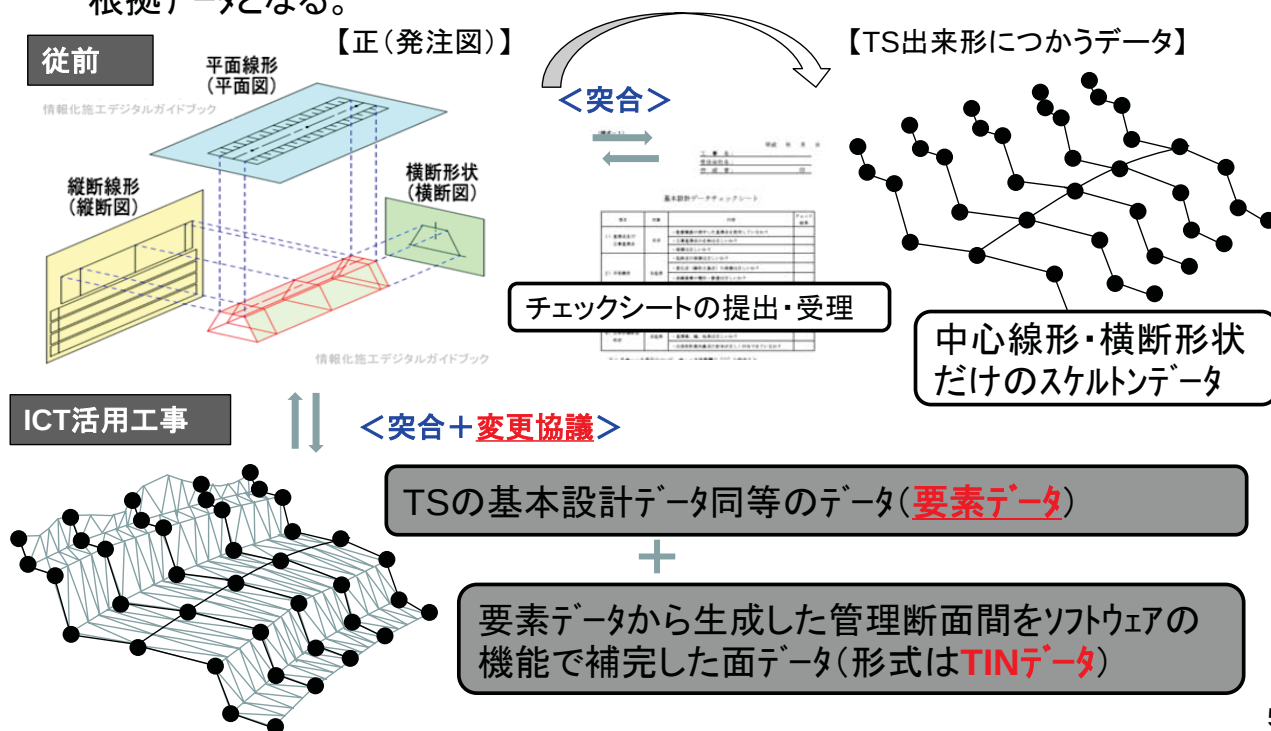
・3次元設計データは当面2次元発注図から施工者が作成する



5. ②3次元設計データ作成(3次元設計データ)

■これまでのTS出来形管理における基本設計データとの違い

- ・管理断面の形状だけでなく、その間も面的に補完する。
- ・面の補完状況も含めて監督職員がチェックし、出来形管理・数量算出の根拠データとなる。



58

5. ②設計照査

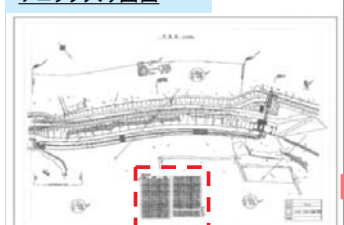
■起工測量結果と3次元設計データを重畳して設計照査と数量変更

- ・管理断面間の補完が不自然ではないか確認
- ・現地盤の形状とのすり合わせ等を確認し用地越境の有無やそれに伴う断面の変更を行う。
- ・ここで、3DCADで数量を算出した結果、契約数量と著しい乖離があれば、設計変更の対象となる。

紙図面・2次元CADデータ上で記載内容を目視確認



チェック入り図面



基本設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認



データの整合性を確認

比較

チェック部分

項目	内容	チェック
1. 基本設計データ	基本設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認	○
2. 2次元CADデータ	紙図面・2次元CADデータ上で記載内容を目視確認	○
3. 3次元設計データ	3次元設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認	○
4. 3次元設計データ	3次元設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認	○
5. 3次元設計データ	3次元設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認	○
6. 3次元設計データ	3次元設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認	○
7. 3次元設計データ	3次元設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認	○
8. 3次元設計データ	3次元設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認	○
9. 3次元設計データ	3次元設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認	○
10. 3次元設計データ	3次元設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認	○
11. 3次元設計データ	3次元設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認	○
12. 3次元設計データ	3次元設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認	○
13. 3次元設計データ	3次元設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認	○
14. 3次元設計データ	3次元設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認	○
15. 3次元設計データ	3次元設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認	○
16. 3次元設計データ	3次元設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認	○
17. 3次元設計データ	3次元設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認	○
18. 3次元設計データ	3次元設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認	○
19. 3次元設計データ	3次元設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認	○
20. 3次元設計データ	3次元設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認	○

チェックシート

参考資料2-1 3次元設計データチェックシート及び数量結果資料(河川土工用)

(様式-1)

平成 年 月 日

工事名: _____

受注者名: _____

作成者: _____

3次元設計データチェックシート

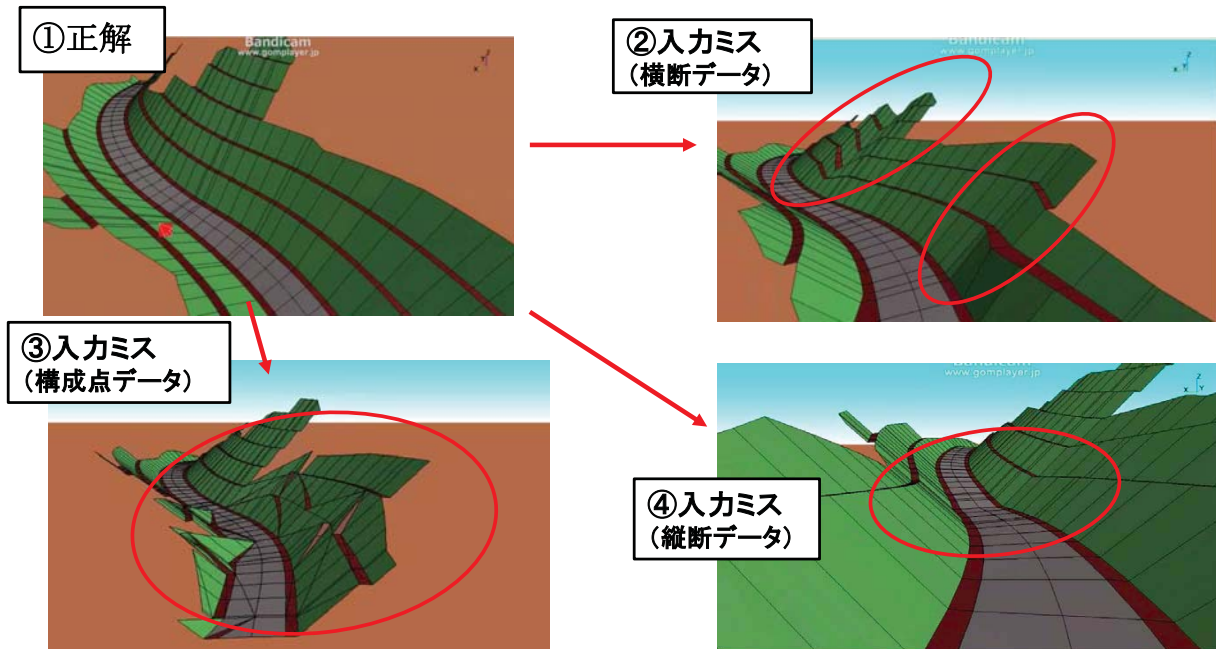
項目	対象	内容	チェック結果
1) 基本設計データ	全図	・監督職員の指示した基準値を使用しているか ・工事基準値の記載は正しいか ・図面は正しいか ・図面間の関係は正しいか	
2) 平面図	全図	・変位点(橋脚主梁)の位置は正しいか ・変位点(橋脚主梁)の位置は正しいか ・変位点(橋脚主梁)の位置は正しいか	
3) 縦断面図	全図	・変位点(橋脚主梁)の位置は正しいか ・変位点(橋脚主梁)の位置は正しいか ・変位点(橋脚主梁)の位置は正しいか	
4) 横断面図	全図	・変位点(橋脚主梁)の位置は正しいか ・変位点(橋脚主梁)の位置は正しいか ・変位点(橋脚主梁)の位置は正しいか	
5) 3次元設計データ	3次元	・入力した2次元(4次元)の断面図と入力する3次元設計データは一致しているか	

※1 各チェック項目について、チェック結果欄に「○」を記入する。
※2 受注者が監督職員に様式-1を提出した後、監督職員から確認がもたらされた場合は、受注者は以下の資料等を速やかに提出する。
・工事数量算出シート(チェックシート)

3次元設計データと2次元CADデータとの各データに相違がないことを確認したチェックシートが監督職員へ提出されるので○の記載があることを確認する。

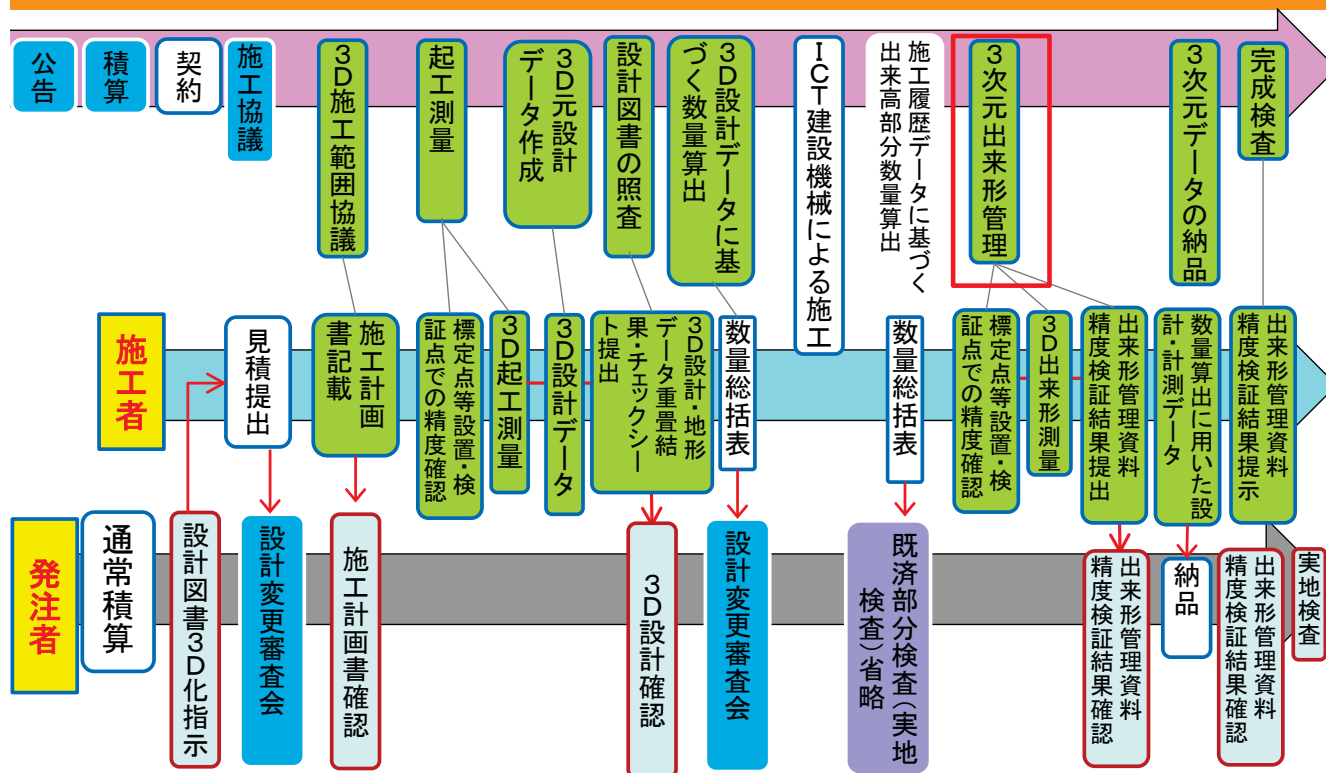
3次元ビューでの確認例

- 3次元設計データ作成ソフトには、入力結果を立体視することが可能(ビューワ機能)となっています。
- このため、本機能を活用することにより3次元設計データが正しく入力されているか確認が可能です。
- なお、3次元設計データ作成ソフトメーカーからは、無償ビューワー付ファイルを作成するソフトが販売されています。



60

5. ICT活用工事の発注～工事完成までの流れ(③出来形管理)



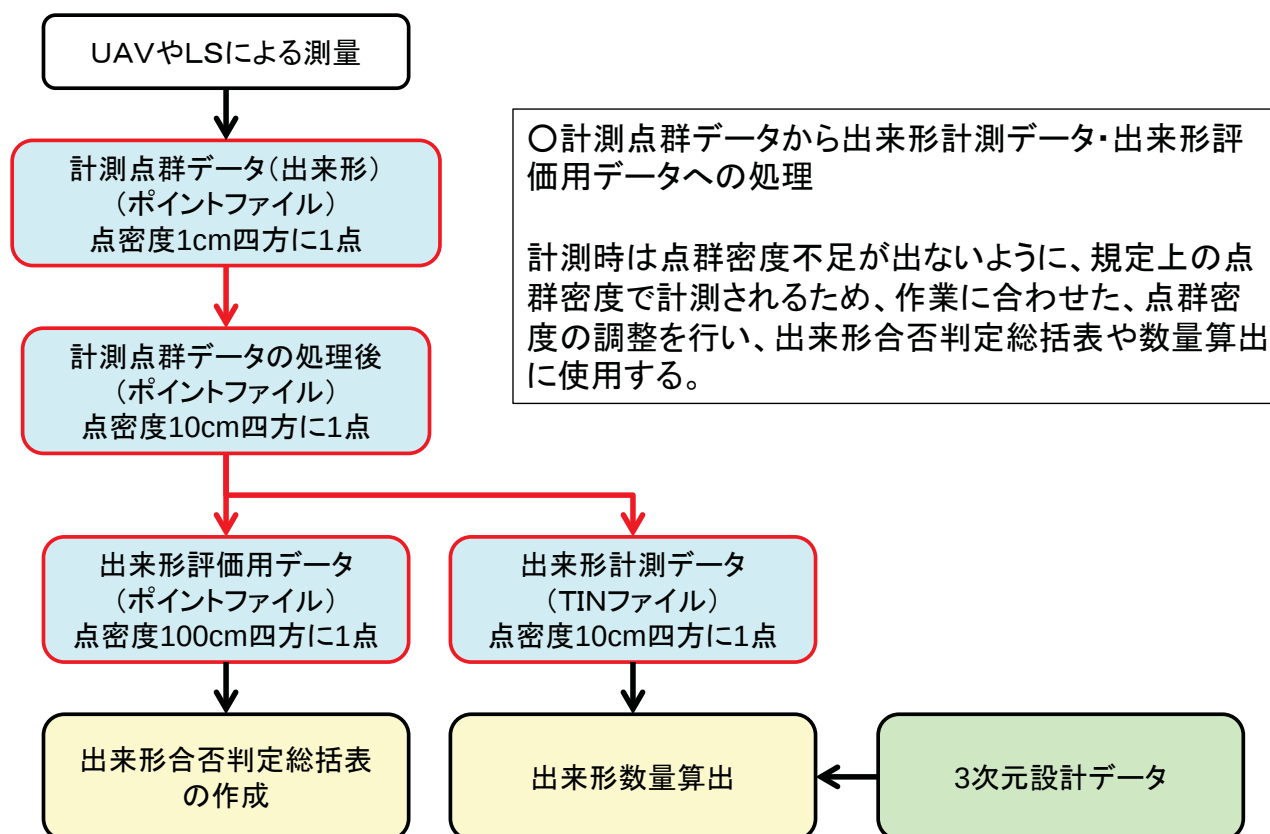
実施方針通知(HP未掲載)

13, 14監督検査要領に記載

【凡例】 8, 9出来形管理要領に記載

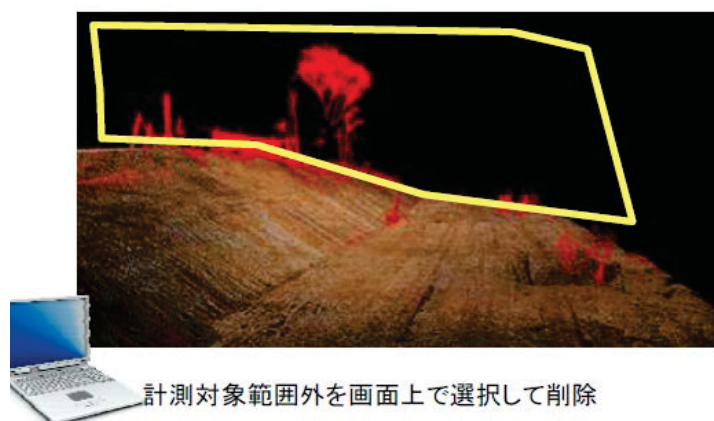
6 施工履歴データによる土工の出来高算出要領(案)
12部分払における出来高取扱方法(案) に記載

61



■計算処理をしやすいするため、必要のないデータを削除する(してもよい)

【トリミング】

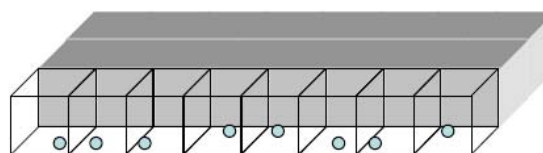
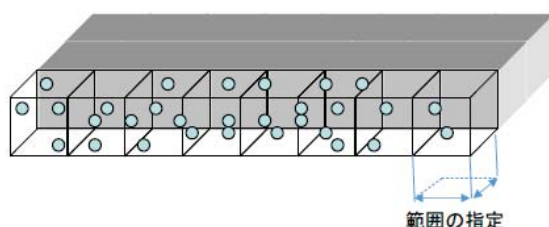


ポイント

間引きのルール

- ①純粋な削除はOK、
・各点の数値の加工はNG
(平均処理はNG)
- ②所要の密度確保
・出来形計測データとして
→10cm間隔以内

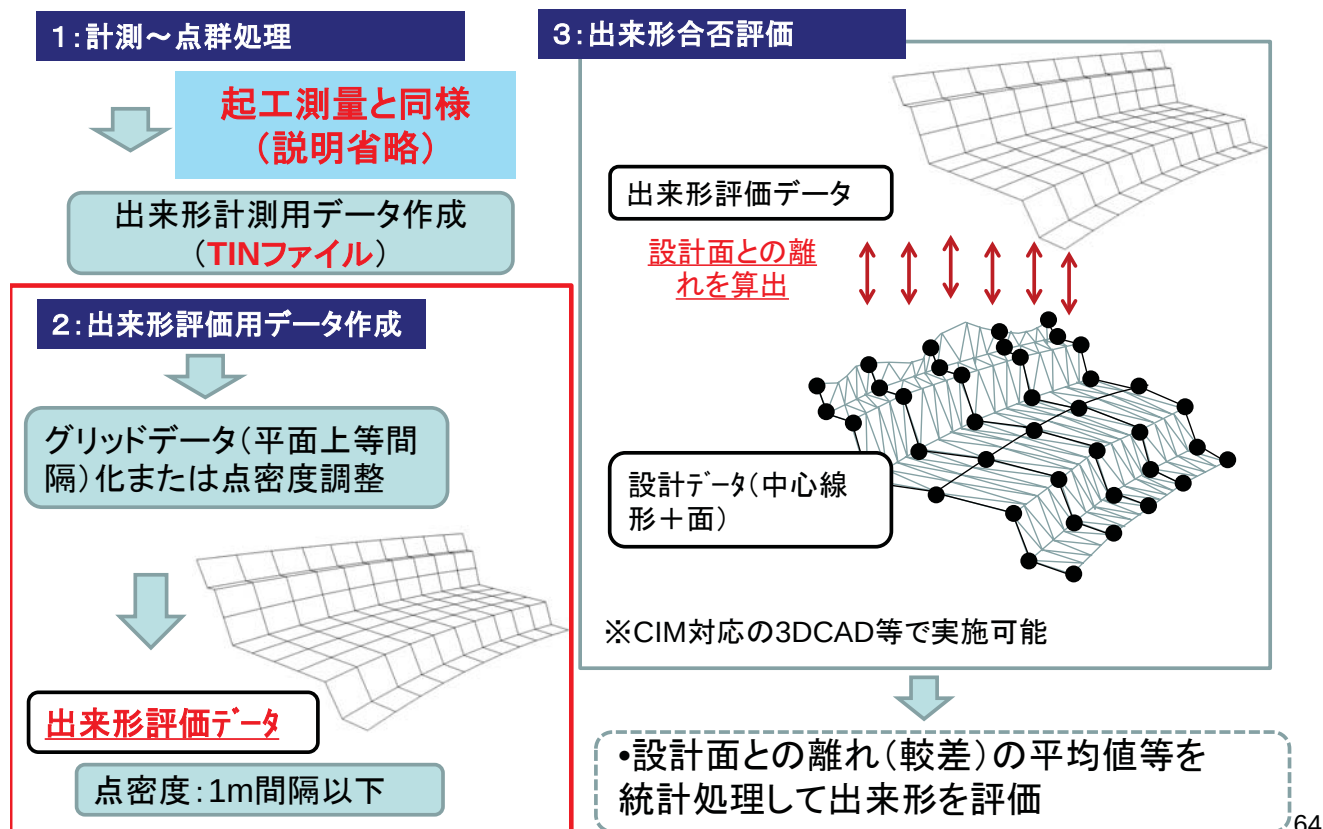
【フィルタリング(一例)】



対象を分割して代表点のみを抽出

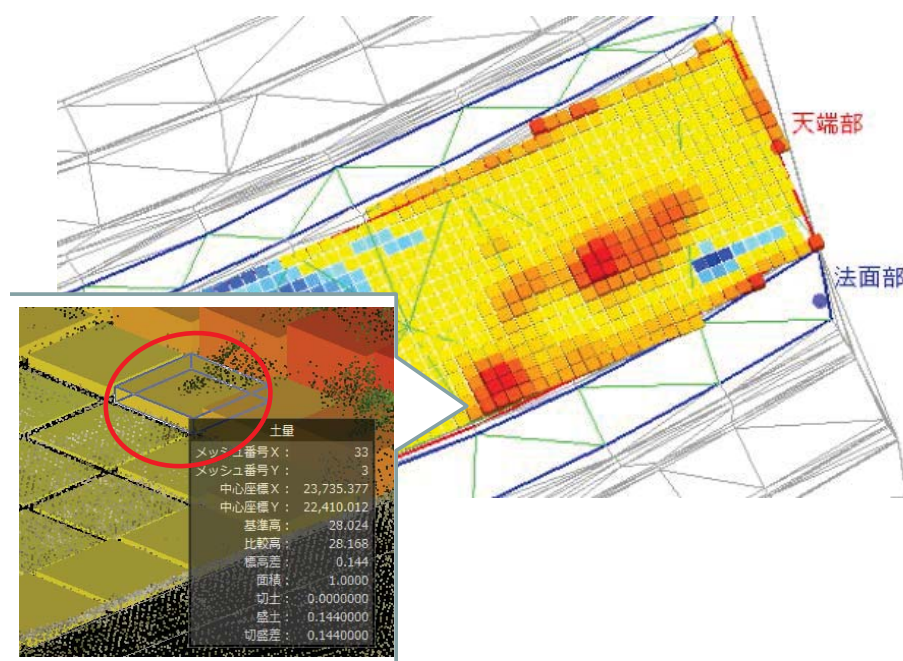
例:最下点(盛土管理に有利)、中央点等
様々な抽出方法がある。

■全体の流れ



5. ③出来形管理(出来型評価用データの作成)

- 出来形評価用データと3次元設計データを重畳して各点の標高を比較
 - ・グリッドデータ(平面上1m毎の等間隔の点に対して標高を持たせたデータ)か1点/m2程度以上に間引いた各点が出来形評価の対象となる。
 - ・3次元設計データと重畳し、各評価点について標高差を計算し、分布図を生成



ポイント

評価データ作成ルール

- ①単なる間引きOK
- ②グリッドデータ化OK
※平面上等間隔のグリッド点に加工

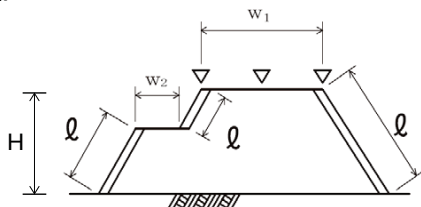
標高算出ルール

- ・最近隣法
- ・平均法
- ・TIN法
- ・逆距離加重法

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

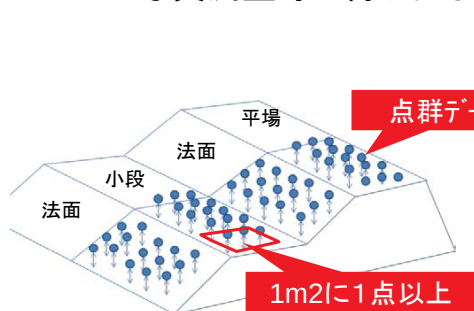
既存の出来形管理基準では、代表管理断面において高さ、幅、長さを測定し評価



＜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

ICT活用工事

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
 規格値：設計面との標高較差（設計面との離れ）
 平面 平均值：±5cm 全測点：±15cm
 法面 平均值：±8cm 全測点：±19cm

※法面には小段含む

66

出来形管理帳票の定義

- 3次元設計面と出来形評価用データの各ポイントとの離れ（標高較差あるいは水平較差）により出来形の良否判定を行います。
- 出来形管理基準上の管理項目の計算結果と出来形の良否の評価結果、及び設計面と出来形評価用データの各ポイントの離れを評価範囲の平面上にプロットした分布図にて明示します。

作成帳票例(出来形管理図表)

様式-31-2

出来形合否判定総括表

ソフトウエア製法仕様書100-100-100

工種 道路土工
 種別 盛土
 測点 No. 1~No. 3
 合否判定結果 異常検出

測定項目	規格値	判定	測点
天端 標高較差			
平均値	-13mm	±50mm	
最大値(個)	42mm	±100mm	
最小値(個)	-42mm	±100mm	
データ数	1000	1点/±50以上 (1000点以上)	
評価面積	1000m ²		
棄却点数	0	0.3%未満 (3点以下)	
法面 標高較差			
平均値	7mm	±50mm	
最大値(個)	50mm	±140mm	
最小値(個)	-40mm	±140mm	
データ数	1700	1点/±50以上 (1700点以上)	
評価面積	1700m ²		
棄却点数	0	0.3%未満 (3点以下)	

凡例:

・平均値
 ・最大値
 ・最小値
 ・データ数
 ・評価面積
 ・棄却点数

を表形式で整理

規格値の50%以内に収まっている計測点の個数、規格値の80%以内に収まっている計測点の個数を明示することが望ましい。

・離れの計算結果の規格値に対する割合を示すヒートマップとして
 -100%~+100%の範囲で結果を色分け。

・±50%の前後、±80%の前後が区別できるように別の色で明示。

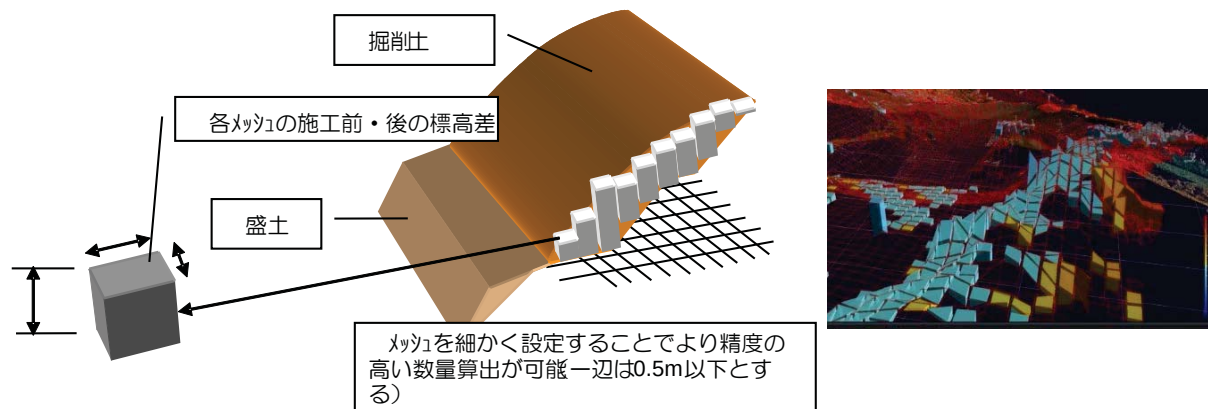
・データのポイント毎に結果をプロット。

67

5. ③出来形管理(面的な数量算出)

出来形計測と同位置において、施工前あるいは事前の地形データがLS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、UAVやLS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ます。

点高法による数量算出の条件と適用イメージ



受注者は、UAVやLSによる計測点群データを基に平均断面法または、3次元CADソフトウェア等を用いた方式により数量算出を行うことができます。

・数量計算方法については、監督職員と協議を行います。

※算出方法は ① 点高法、② TIN分割等を用いた求積、③ プリズモイダル法

68

5. ③出来形管理(岩線計測・計測データの作成)

設計変更のために必要な場合は、岩区分の境界を把握するための岩線計測を、面的な地形計測が可能なUAVやLSを用いて実施します。

- ・ 面的なデータを使用して設計変更の根拠資料とする際は、設計形状を示す3次元設計データについて、監督職員との協議を行い、設計図書として位置付けます。
- ・ 測定精度は、10cm以内とし、計測密度は0.25m²(50cm×50cmメッシュ)あたり1点以上とします。



UAVやLSで計測した岩線の計測点群データから不要な点を削除し、TINで表現される岩線計測データを作成します。

岩線計測データ作成の留意点

- ・ 自動でTINを配置した場合に、現場の出来形計測と異なる場合は、TINの結合方法を手動で変更可能です。
- ・ 管理断面間隔より狭い範囲においては、点群座標が存在しない場合は、TINで補完することができます。
- ・ 別の計測日の計測点群データをそれぞれ重畳して1つの岩線計測データを作成することもできます。

69

土(岩)質、変化位置確認

土(岩)質の確認と、変化位置の確認箇所のマーキング方法は従来と変わり有りません。



土(岩)判定



変化位置確認(測量)



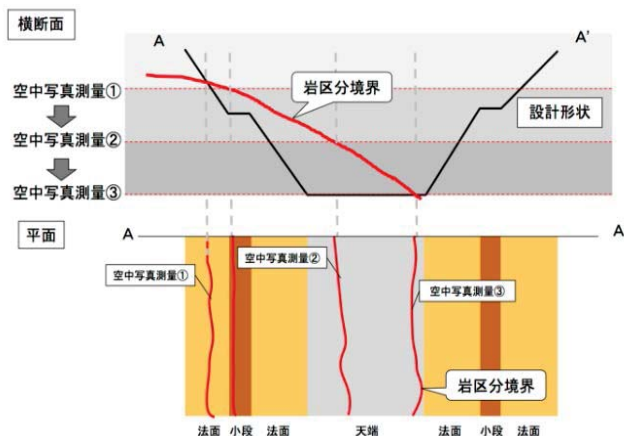
掘削(切土)施工中

出典: 公共工事の監督と平成27年9月2日 四国地方整備局企画部技術検査官

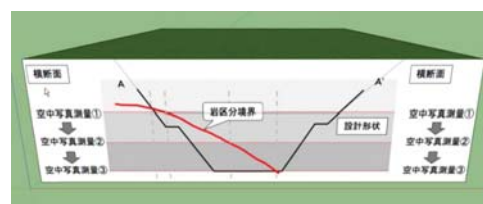
70

5. ③出来形管理(岩線計測・計測データの作成)

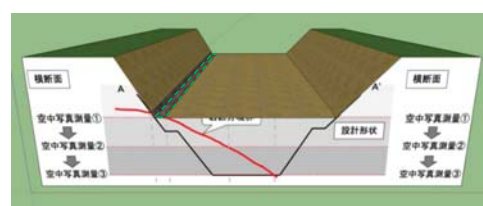
取得方法の例1:
水平に盤下げし、その都度UAVまたはLSによる測量にて土(岩)の分類の境界線を取得します
スライス状に得られた境界線データを角(エッジ面)にしてつなぎ合わせて土(岩)の分類の境界面データを得ます



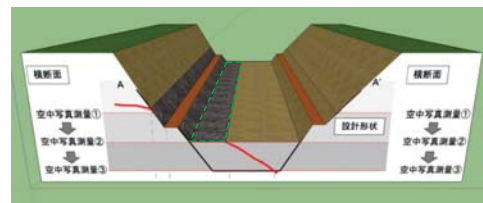
空中写真測量
起工測量



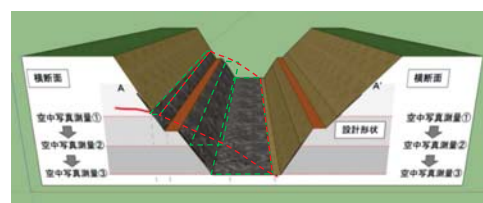
空中写真測量①



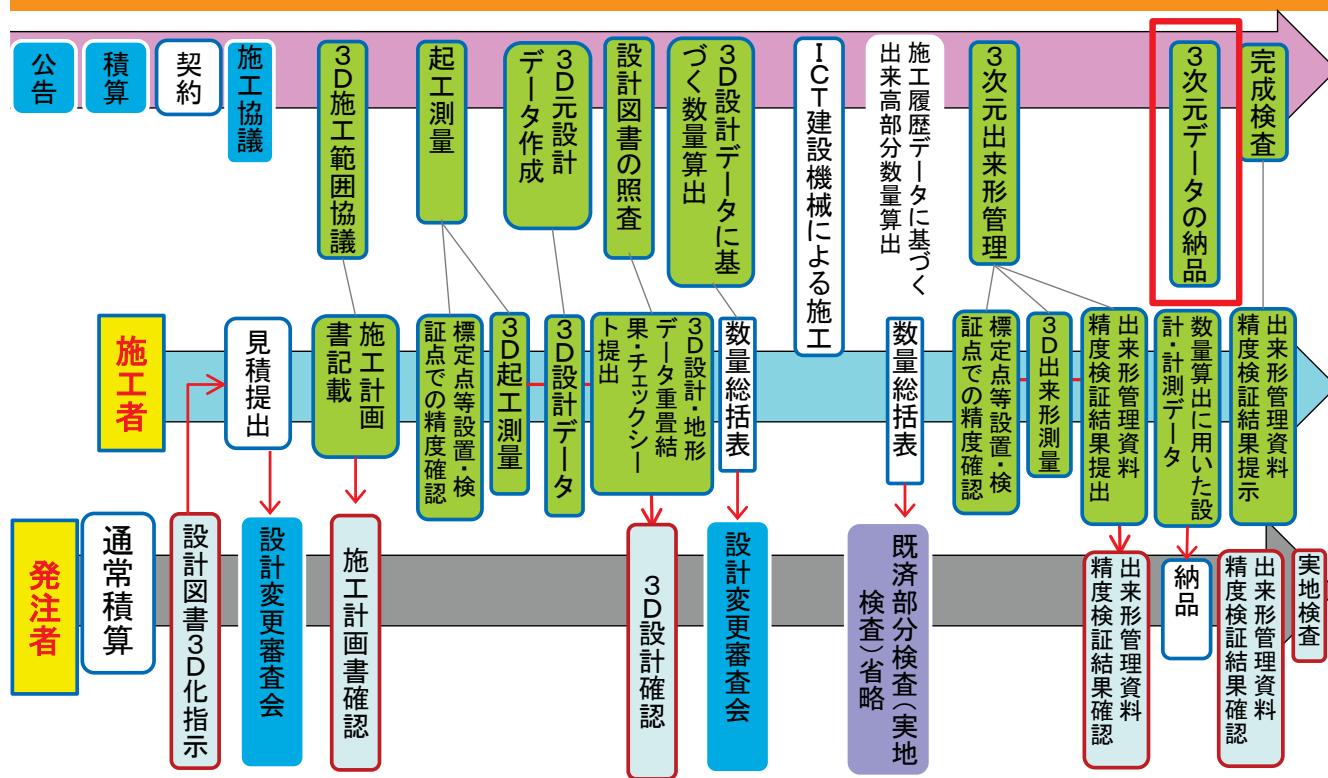
空中写真測量②



空中写真測量③



71



実施方針通知(HP未掲載)

13, 14監督検査要領に記載

【凡例】 8, 9出来形管理要領に記載

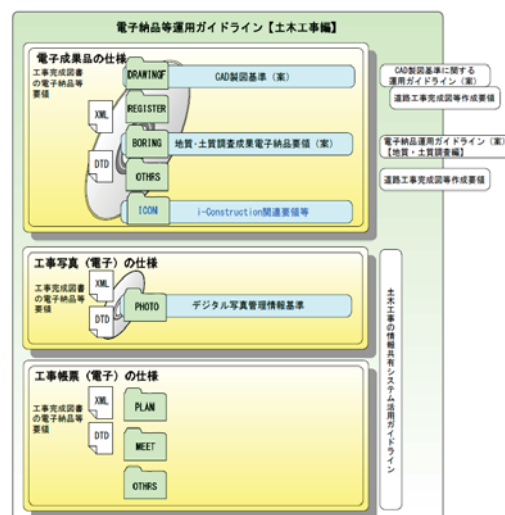
6 施工履歴データによる土工の出来高算出要領(案)
12部分払における出来高取扱方法(案)に記載

5. ④データの納品（電子納品：空中写真測量）

電子成果品に作成・提出時の留意点

電子成果品として、

- ※UAVの例
- ①3次元設計データ
 - ②出来形管理資料
 - ③空中写真測量(UAV)による出来形評価用データ
 - ④空中写真測量(UAV)による出来形計測データ
 - ⑤空中写真測量(UAV)による計測点群データ
 - ⑥工事基準点および標定点データ
 - ⑦空中写真測量(UAV)で撮影したデジタル写真



計測機器	整理番号	図面種類	番号	改訂履歴	内容	記入例
UAV	0	DR	001～	0～Z	・3次元設計データ (LandXML等のオリジナルデータ (TIN))	UAVDR001Z, 拡張子
UAV	0	CH	001～	—	・出来形管理資料 (出来形管理図表 (PDF)) または、ビュー付き3次元データ	UAVOCH001, 拡張子
UAV	0	IN	001～	—	・空中写真測量 (UAV) による出来形評価用データ (CSV、LandXML等のポイントファイル)	UAV0IN001, 拡張子
UAV	0	EG	001～	—	・空中写真測量 (UAV) による起工測量計測データ (LandXML等のオリジナルデータ (TIN))	UAVOEG001, 拡張子
UAV	0	SO	001～	—	・空中写真測量 (UAV) による岩盤計測データ (LandXML等のオリジナルデータ (TIN))	UAVOS001, 拡張子
UAV	0	AS	001～	—	・空中写真測量 (UAV) による出来形計測データ (LandXML等のオリジナルデータ (TIN))	UAVOAS001, 拡張子
UAV	0	GR	001～	—	・空中写真測量 (UAV) による計測点群データ (CSV、LandXML等のポイントファイル)	UAVOGR001, 拡張子
UAV	0	PO	001～	—	・工事基準点および標定点データ (CSV、LandXML等のポイントファイル)	UAVOP001, 拡張子

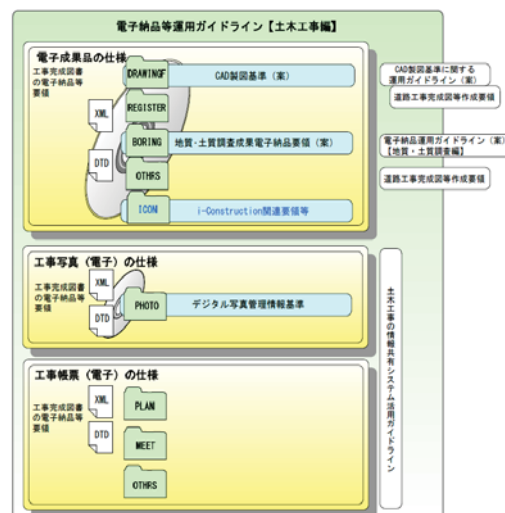
5. ④データの納品(電子納品:レーザースキャナ)

電子成果品に作成・提出時の留意点

電子成果品として、**※LSの例**

- ①3次元設計データ
- ②出来形管理資料
- ③LSによる出来形評価用データ
- ④LSによる出来形計測データ
- ⑤LSによる計測点群データ
- ⑥工事基準点および標定点データ

を「工事完成図書の電子納品等要領」で定める
「ICON」フォルダに格納します。



ファイル命名規則

計測機器	整理番号	図面種類	番号	改訂履歴	内容	記入例
LS	0	DR	001~	0~Z	・3次元設計データ(LandXML等のオリジナルデータ(TIN))	LS0DR001Z.拡張子
LS	0	CH	001~	—	・出来形管理資料(出来形管理図表(PDF)または、ビュー付き3次元データ)	LS0CH001.拡張子
LS	0	IN	001~	—	・LSによる出来形評価用データ(CSV、LandXML等のポイントファイル)	LS0IN001.拡張子
LS	0	EG	001~	—	・LSによる起工測量計測データ(LandXML等のオリジナルデータ(TIN))	LS0EG001.拡張子
LS	0	SO	001~	—	・LSによる岩線計測データ(LandXML等のオリジナルデータ(TIN))	LS0SO001.拡張子
LS	0	AS	001~	—	・LSによる出来形計測データ(LandXML等のオリジナルデータ(TIN))	LS0AS001.拡張子
LS	0	GR	001~	—	・LSによる計測点群データ(CSV、LandXML等のポイントファイル)	LS0GR001.拡張子
LS	0	PO	001~	—	・工事基準点および標定点データ(CSV、LandXML等のポイントファイル)	LS0PO001.拡張子

74

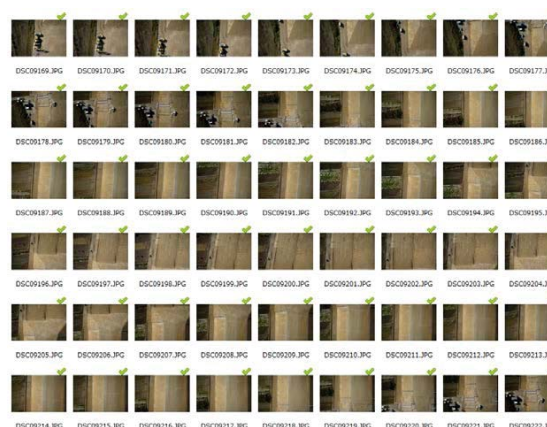
5. ④データの納品(電子納品:UAVの写真管理)

出来形写真管理基準の留意点

区分		写真管理項目		
施工状況	図面との不一致	撮影項目	撮影頻度[時期]	提出頻度
		図面と現地との不一致の写真	撮影毎に1回[発生時]	写真測量に使用したすべての画像

工種	写真管理項目		
	撮影項目	撮影頻度[時期]	提出頻度
掘削工	土質等の判別	地質が変わる毎に1回[掘削中]	代表箇所 各1枚
	法長(法面)	撮影毎に1回[掘削後]	写真測量に使用したすべての画像
[道路] 路体盛土工 路床盛土工	巻出し厚	200mに1回[巻出し時]	代表箇所 各1枚
	締固め状況	転圧機械又は地質が変わる毎に1回[締固め時]	
[河川] 盛土工	法長(法面)幅(天端)	撮影毎に1回[施工後]	写真測量に使用したすべての画像

写真撮影例



ワンポイント

UAV出来形管理を実施する場合、従来と比較して、以下の点が異なります。

- ①撮影頻度の変更
- ②空中写真測量(UAV)で撮影した写真の納品をもって、写真撮影に代える

75

工種	写真管理項目		
	撮影項目	撮影頻度 [時期]	提出頻度
掘削工	土質等の 判別 法長(法 面)	地質が変わる毎に1回[掘削中] 計測毎に1回 [掘削後]	代表箇所 各1枚
[道路] 路体盛土工 路床盛土工 [河川] 盛土工	巻出し厚 締固め 状況 法長(法 面) 幅(天端)	200mに1回[巻出し時] 転圧機械又は地質が変わる毎に1回 [締固め時] 計測毎に1回 [施工後]	代表箇所 各1枚

LS

工事名:〇〇工事
 撮影日:〇年〇月〇日
 撮影項目:河川土工(盛土部)
 NO.4~NO.6 天端面

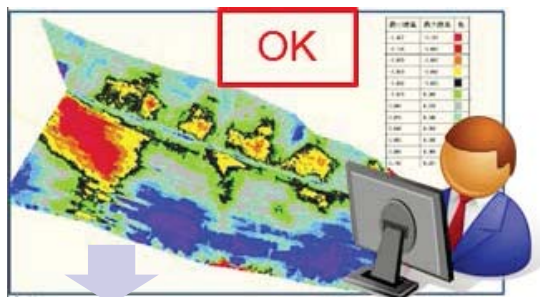
黒板(記載イメージ)

国総研

実地検査時の検査職員の出来形管理の確認手順の例

書面検査時

検査職員は、電子納品物から出来形管理データを表示させて、分布図を参考に実地検査で指定すべき箇所の3次元設計データの設計面の平面位置をメモします。



実地検査時

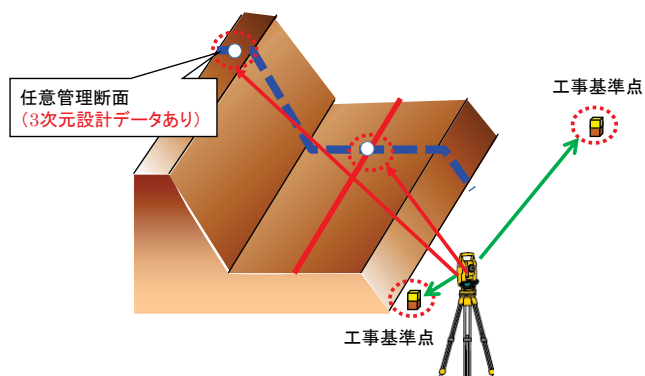
検査職員は、現地では出来形管理用TSやGNSSローバーの誘導機能を使用して、自らが指定した箇所の出来形計測を行い、3次元設計データの設計面と実測値との標高差が規格値内であるかを検査します。



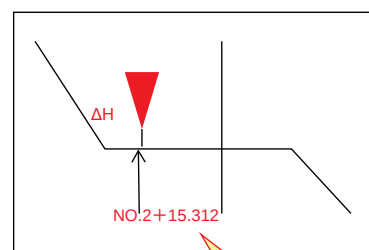
5. ⑤完成検査(実地検査対応:トータルステーション)

出来形管理用TSを用いた実地検査の内容の概要

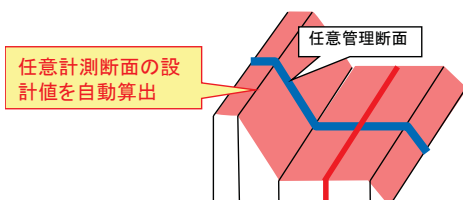
TSによる出来形計測の任意断面メージ



任意点の出来形管理



3次元設計データイメージ

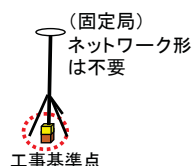
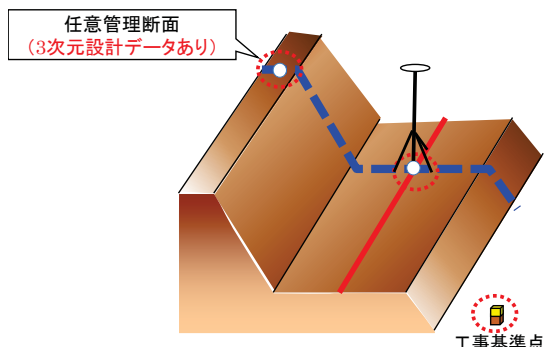


任意点での高さの差が確認できる機能
①計測箇所の断面位置
②計測箇所における設計高さとの差

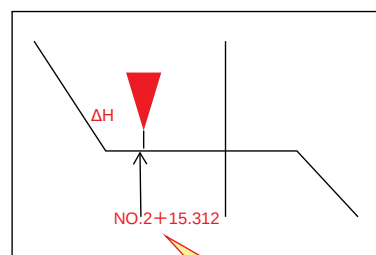
5. ⑤完成検査(実地検査対応:GNSSローバー)

GNSSローバーを用いた実地検査の内容の概要

GNSSローバーによる出来形計測の任意断面メージ

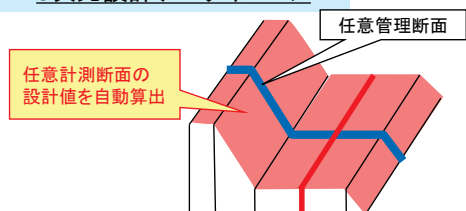


任意点の出来形管理



任意点での高さの差が確認できる機能
①計測箇所の断面位置
②計測箇所における設計高さとの差

3次元設計データイメージ



80

5. ⑤完成検査(実地検査対応:GNSSローバーの留意事項)

GNSSローバーを工事検査で利用する際の留意事項

RTK法又はネットワーク型RTK法を使用する場合には、OFIX解※が安定して得られることを確認します。

また、次のような場合には、できる限り使用を避けてください。

- 森林の中の道路、ダム擁壁の近傍、谷底など、十分な上空視界が確保できない場合
- FIX解が安定して得られない場合

さらに、次のような環境では、使用しないでください。

- FIX解が得られない場合(受信機にFIX解と明示されない場合。)

なお、使用衛星については、GPSに加えてGLONASS、準天頂衛星も使用することが望ましいとされています。

※このほかにFLOAT解がありますが、これは暫定的な解でFIX解と比べて信頼度が劣るため、ここでは使用しないでください。
FIX解が得られているかどうかは、受信機に明示されます。



81

実地検査時の検査職員の出来形管理の確認内容の概要

検査職員は、施工管理データが搭載された出来形管理用TS等を用いて、現地で自らが指定した箇所の出来形計測を行い、3次元設計データの設計面と実測値との標高差が規格値内であるかを検査します。

検査の頻度は以下のとおりです。

工 種	計測箇所	確認内容	検査頻度
河川土工	検査職員が指定する平場上あるいは天端上の任意の箇所	3次元設計データの設計面と実測値との標高較差または水平較差	1工事につき1断面

工 種	計測箇所	確認内容	検査頻度
道路土工	検査職員が指定する平場上あるいは天端上の任意の箇所	3次元設計データの設計面と実測値との標高較差または水平較差	1工事につき1断面

ここでいう断面とは厳格に管理断面を示すものでなく、概ね同一断面上の数箇所を計測することを想定しています。

なお、新基準を適用できない場合は、従来の代表断面における幅、法長、基準高などの設計値と実測値の比較による検査を行ってもよいこととなっています。ただし、検査頻度は、代表断面1断面です。

6(1). ICT土工の現状

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
- i-Constructionの更なる普及のため全国200箇所において講習・実習を実施

【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

(参考 ICT土工の発注見通し)

6/10現在、全国において109件のICT土工を工事公告。また、年度内に約410件のICT土工を工事公告の見込み。

【i-Construction人材育成に向けた講習・実習】

ICTに対応できる技術者・技能労働者の育成を目的に全ての都道府県で合計200箇所の講習・実習を実施。

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」

6(3). ICT活用工事の実施状況(北陸地整)



- ①H27能越道 小泉道路その5工事
- ②南建設(株)
- ③金沢河川国道事務所
- ④石川県輪島市三井町小泉地先
- ⑤H28.3.17~H28.9.30まで
- ⑥H28.6月中旬より実施済み



- ①長井河道掘削その3工事
- ②会津土建株式会社
- ③阿賀川河川事務所
- ④福島県喜多方市慶徳町山科地先
- ⑤H28.3.8~H28.9.9日まで
- ⑥H28.6月下旬より実施済み

- ①工事名
- ②受注者
- ③発注工事事務所
- ④工事箇所
- ⑤工 期
- ⑥ICT活用開始時期



- ①宮古弱小堤防対策工事
- ②会津土建株式会社
- ③阿賀川河川事務所
- ④福島県河沼郡会津坂下町大字宮古地先
- ⑤H28.3.24~H28.9.30まで
- ⑥H28.6月上旬より実施済み

平成28年9月中に竣工予定の工事

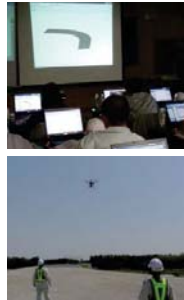
北陸i-Construction通信(第6号)より

- 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、全ての都道府県で合計200箇所の講習・実習を実施。

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

※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120箇所	全国164箇所	全国200箇所

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

7(1). 今後の取り組み(i-Construction報告書)

i-Constructionの目指すべきもの

□生産性の向上

□創造的な業務への転換

- ・ICT化による効率化等により、技術者等は創造的な業務や多様なニーズに対応

□賃金水準の向上

- ・生産性向上や仕事量の安定等により、企業の経営環境が改善し、賃金水準が向上

□十分な休暇の取得

- ・建設工事の効率化、施工時期の平準化等により、安定した休暇取得が可能

□安全性の向上

- ・重機周りの作業や高所作業の減少等により、安全性向上が期待

□多様な人材の活用

- ・女性や高齢者等の活躍できる社会の実現

□地方創生への貢献

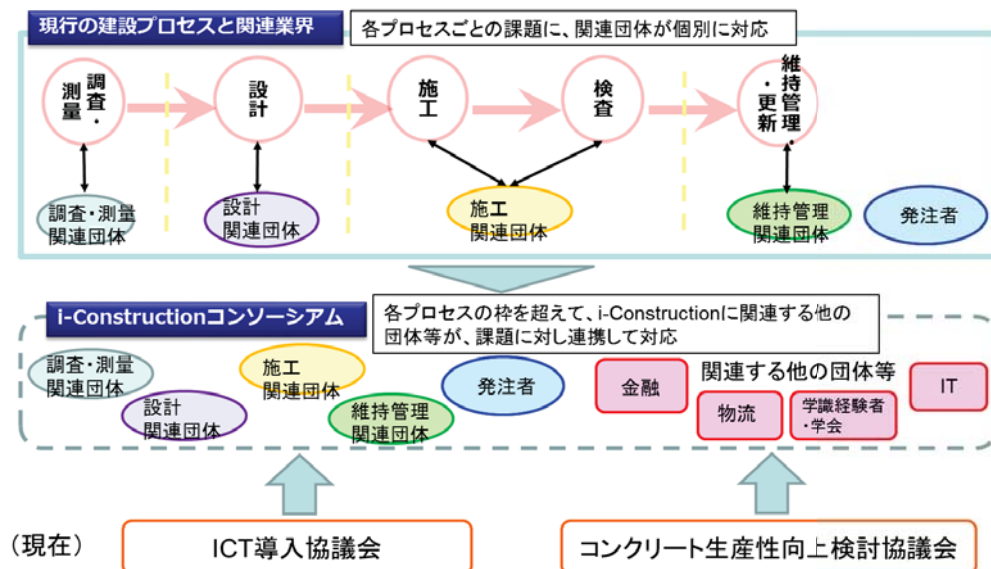
- ・地域の建設産業の生産性向上により、地域の活力を取り戻す

□希望がもてる新たな建設現場の実現

- ・「給与、休暇、希望」を実現する新たな建設現場

- 急速に進展するIoTなど技術の動向を踏まえて技術の現場導入を進めるため、産学官が連携してi-Constructionに取り組むコンソーシアムを設立する。

i-Constructionコンソーシアム(仮称)のイメージ

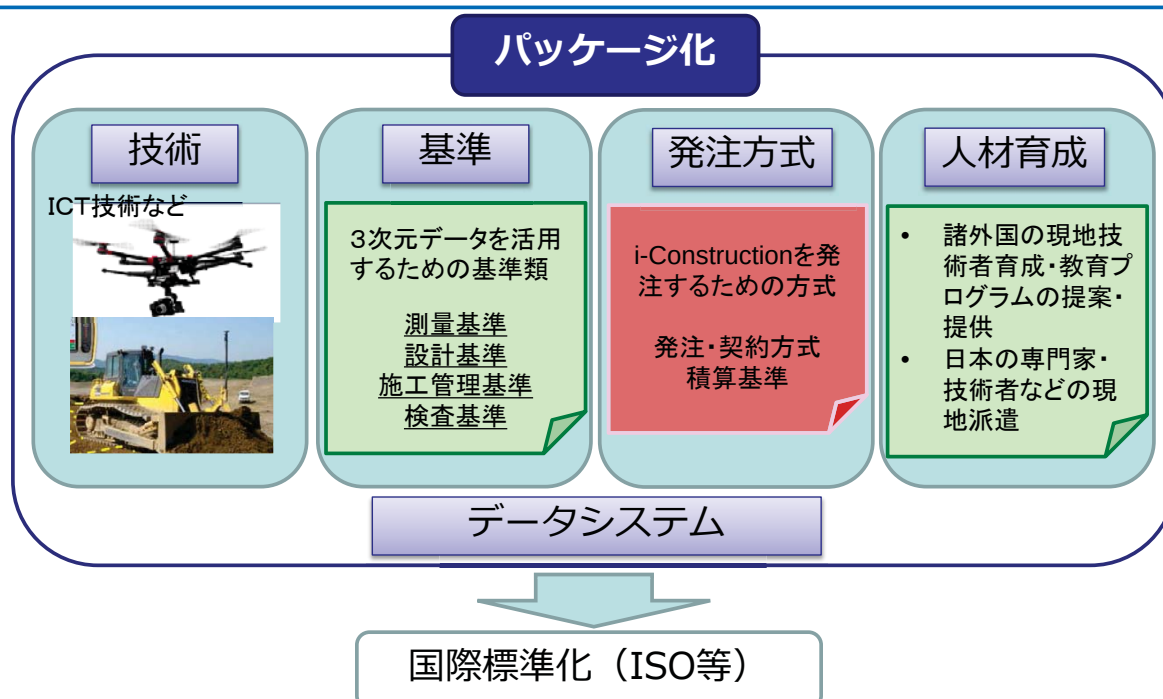


活動項目事例(案)

- プラットフォームの確立
- 最新技術の集積を図る見本市やコンペの開催
- ICTの全面的活用等で蓄積されるデータの活用に関する検討
- 国際標準化に向けた戦略的な取組に関する検討

7(2)②. 海外展開

- i-Constructionの海外展開は、国際標準化に向け取り組むことが重要。
- i-Constructionで構築したICT技術、マネジメントシステム、発注方式、人材育成等をパッケージ化し、海外展開。



○ICT活用工事を通じた要領・基準類の問題点の抽出・検証

- ・従来手法で合格するものが不合格になるようであれば、基準の緩和が必要
- ・逆に従来手法で不合格とすべきものが合格となってしまう、次工事への引き継ぎに特段の問題が生じるようであれば、基準の見直しが必要

○土工以外の工種へのICT活用の拡大

90

○生産性を向上させることで、

- ・企業の経営環境を改善
- ・現場で働く方々の賃金水準の向上
- ・安定した休暇の取得
- ・安全な現場

を実現。

○労働者数が減っても生産性が向上すれば、経済成長を確保することが可能。

91

国土技術政策総合研究所では、i-Constructionの普及促進のため、「i-Construction推進本部」を平成28年3月に発足しております。
また、i-Constructionに関する研究の紹介や、基準類に関するQ & Aなどの情報をホームページに掲載しています。(URL: <http://www.nilim.go.jp/>)

The screenshot shows the NILIM homepage. In the right sidebar, under the '各研究分野のページ' (Pages by Research Field) section, the link 'i-Construction推進本部' is highlighted with a red box. A red arrow points to this link with the text 'クリック' (Click).

i-Construction推進本部

国総研におけるi-Construction推進本部では、下記に示す3つの役割によって、i-Construction（「ICTの全面的活用」、「規格の標準化」）に関する研究開発や普及を推進し、魅力ある建設現場の実現に貢献することを目指します。

◆ 3つの役割

- ① 研究・開発の推進
 - ・i-Construction技術の活用ルールや基準類素案の作成等
- ② 普及の推進
 - ・研究・開発の成果の対外的発信
 - ・発注者や業界団体への技術支援等
- ③ 情報共有、連携

◆ 目指す姿

魅力ある建設現場
建設現場における生産性向上

i-Construction推進

建設業界 ↔ 国総研 ↔ 国土省本省 ↔ 土木研究所 ↔ 地方整備局

1. 技術活用ルール・基準類の素案作成
2. 技術支援・研究開発促進
3. 情報共有・連携