

ICT 活用工事

i-Construction ～ 建設業の生産性向上 ～

株式会社 中浜測量設計

ICT施工技術の活用促進と必要性

【基本的な考え方】……国土交通省資料引用

- 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



これからの建設業界では必須！

地方整備局における主な活動・取り組み

上記のとおり、ICT土工の発注指針(ICT活用施工の標準化を目指す)・ICT土工の人材育成やコンクリート工の規格の標準化等です。

しいては、工期の安定や施工費安定→適正な設定等により、年間を通じた工事件数の平準化を目指す。■

もちろん、地方自治体等も順次右にならえとなることは予想されますね？

…なんだか面倒ばかりを押し付けられて、企業ばかりデメリットがあるような気がしませんか？

そんな事はありません！！

次頁へ続く…

企業における早期ICT導入のメリット

近年、皆さんの持つスマホやパソコンによりインターネットが広まり、それらの端末で情報通信や便利なツールを使用していませんか？

ICTは単に、前述の建設施工版なのです。

では、その様な事になれば生活同様、建設施工も便利になりますよね？

従来の我々の生活では、調べ物は図書館へ赴いたり、博学の人に直接または電話等で尋ねたりしていましたが、現在ではスマホで簡単に知りたい情報がいとも簡単に得られます。

そこには、時間短縮や経費削減があり、これを工事現場に置き換えると、工期の安定・短縮になり、企業と考えると経営環境の躍進に繋がる訳です。

では、具体的な問題点や改善の期待されるポイントを見てみましょう！

従来施工の問題点

- ・ 労働力過剰を背景とした生産性の低迷
- ・ 生産性向上が遅れている土工等の建設現場
- ・ 依然として多い建設現場の労働災害
- ・ 予想される労働力不足

次頁以降にて解説

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。

国土交通省資料より引用

従来は施工の際、どうしても労働者の労働力にのみ頼ってきました。
下記に身に覚えがありませんか？

- ・ 何度も計画の見直しがなされ、その度に図面の修正を余儀なくされ、その図面より何度も位置や高さを拾い出し、現地ポイントの設置も複数回にのぼるなんて事ありませんか？
- ・ また、出来形計測→取り纏めや写真撮影に検査など、時間を費やして体力を浪費したりはありますか？

ここでの問題は、監督員の労働時間の重積と、計算等の手戻り作業や作業の誤りのリスクで

ICT施工導入をすれば、すべて解消されるって訳でもないのも事実です。

しかし！

計画の見直しは相変わらず図面の修正はあります。しかし後続作業はどうでしょう？
位置や高さの拾い出しは、リスクの軽減された入力方式ですし、ポイント設置はそもそも必要ありません。
出来形においても3Dデータの確認による検査に代わります。
成果の取り纏めについても、電子納品スタイルとなりほぼ出力によるものです。

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）

国土交通省資料より引用

他の業界ではICTなんてよく聞きますか？
日本は随分非効率じゃないですか？

そこで規格の標準化として、寸法等規格の標準化された、材料使用拡大を目指します。

一見、関係ないように思う方もいらっしゃると思いますが、これもi-Constructionの取り組みなんです。

さらに、【土工】と記載されておりますよね？
そうです。ICTは整地、切り盛り等の土工事が得意分野なのです。
ICT施工により、他分野に負けない生産性と、先進国のワークスタイルをその手にしましょう！

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%））
国土交通省資料より引用

中部地方整備局独自の分析を行ったところ、“建設機械との錯綜作業が減少し、安全性が向上”する効果が発現しています。

【ポイント①】 建設機械との錯綜作業が減少し、安全性が向上！

ICT施工により、建設機械周辺での丁張り設置作業がほぼ無くなるため、接触事故の危険性が高い建設機械と作業員が錯綜する作業時間が約66%減少する事により、安全性の向上に大きく寄与。

国土交通省資料より引用

上記記載中『丁張り設置作業がほぼ無くなるため』は実際だと『相番作業』ですね。

【ポイント②】 1工事当たりの延べ作業時間が大幅に削減！

- ICT施工により、「起工測量」から「データ納品」までの土工にかかる一連の延べ作業時間（人・日）は、従来施工と比較し、約37%の削減効果が発現。
- 作業時間の削減は、生産性向上のほか、政府が強力に推し進める“働き方改革”にも大きく寄与。

国土交通省資料より引用

上記のとおり『余裕』=『安全』が期待されます。

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
国土交通省資料より引用

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。

前述4項目だけではありませんが！

- 個々の生産性を向上させ、企業の経営環境を改善
- 現場での長時間労働等環境改善
- 死亡事故ゼロを目指す安全性向上
等々

を目指すものです。



それぞれの立場でみたメリット

【国民のメリット】

公共構造物の品質向上

- 土木構造物の施工品質の追跡調査が可能となり、安心できる土木構造物を使用できる。

生活環境の向上

- 作業効率の向上により、工事期間が短縮され社会損失(渋滞・騒音・振動等)の低減が期待できる。

環境問題への期待

- 作業効率が向上することで、建設機械の稼働時間が短縮され、燃料消費量(CO2)が低減できる。



【工事発注者のメリット】

監督・検査の効率化

- 施工データを連続的に把握することにより、工事発注者の監督・検査等の業務を効率化でき、施工管理の実施を確実に確認できる。

維持管理の効率化

- 施工データの記録を活用し、構造物の診断・解析ができるようになり、一層高度な維持管理を実現することができる。

技術者判断を支援

- 調査・設計、施工、維持管理で得られた多くのデータに基づいて、迅速かつ柔軟な技術者判断を行うことができる。



【施工企業等のメリット】

作業の効率化

- 現場作業の効率化により、工期短縮・省人化ができる。
- オペレータの熟練度に大きく依存しない施工速度や出来形・品質が確保でき、施工ミスも低減できる。



安全性の向上

- 検測の省力化が可能となることで、施工機械との接触事故を極力少なくすることができ安全性が向上する。

イメージアップ

- 工事現場の作業環境が改善され、魅力のある産業へイメージアップにつながる。

技術競争力の強化

- 情報化施工を取り入れた工事については、工事成績において加点される。

※ただし、「請負工事成績評定要領の運用の一部改正について」における条件を満たす工事とする。

などが紹介されております。

建設業従事者個人ではどうでしょう

我々、建設従事者にとっても環境がよくなり、プライベートな時間も持ちやすくなるのではないのでしょうか。

また、企業へのメリットは従業員にも還元される事となるでしょう。

安全性の向上の観点からは、安心できる職場環境への改善もできますね。

さあ！ ICT施工に取り組みましょう！

ICT活用工事

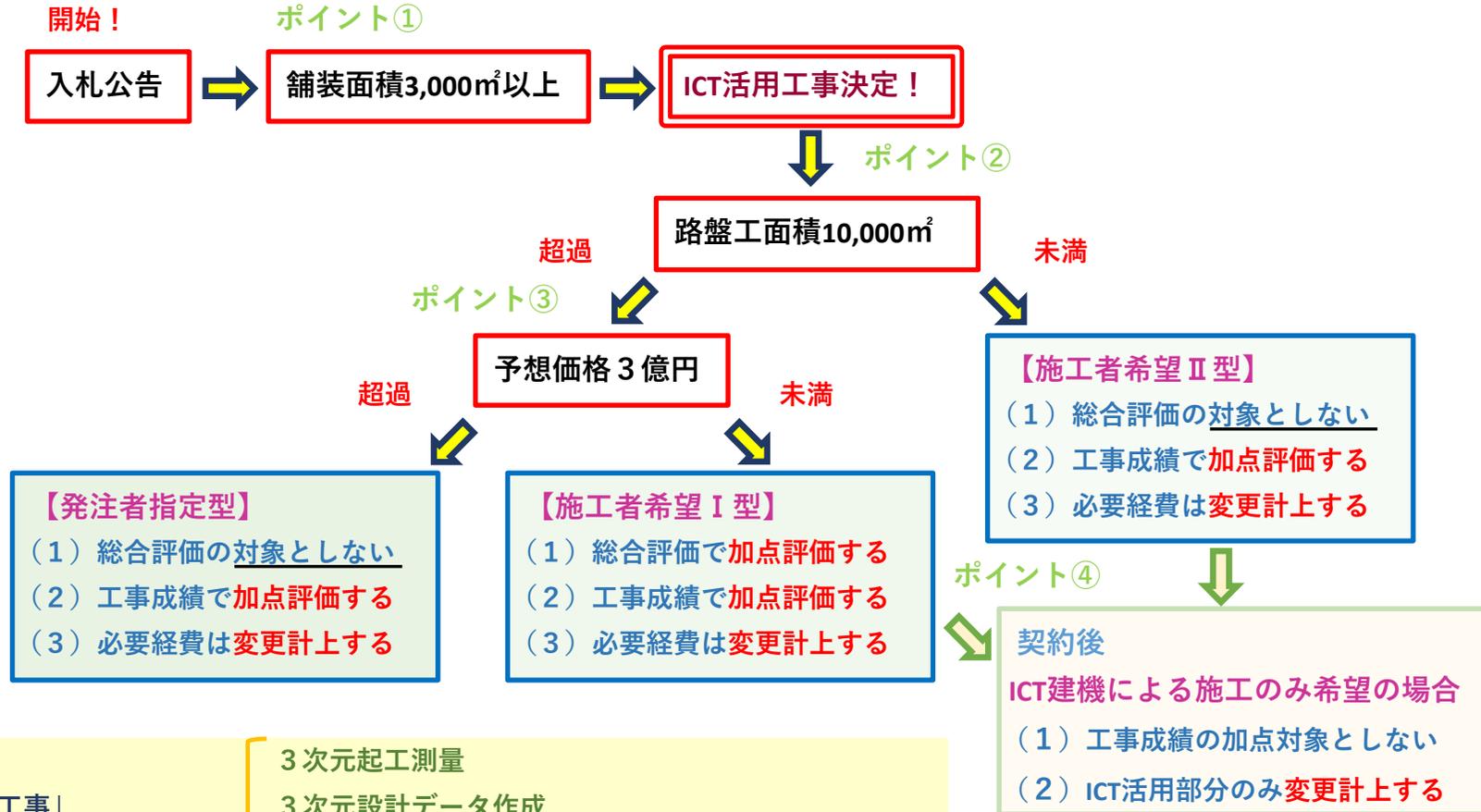
ICT施工～運用・実務編～

株式会社 中浜測量設計

ICT活用工事の手引き

具体的には、どのような工事が対象となるのでしょうか。

- ・ 舗装工を例にあげてみましょう！



「ICT活用工事」
建設生産プロセスの全ての段階においてICT施工技術を全面的に活用する工事
(右記5項目)

- 3次元起工測量
- 3次元設計データ作成
- ICT建機による施工
- 3次元出来形管理
- 3次元データの電子納品

※前工事がICT土工等で、3次元測量データを貸与した場合、3次元起工測量は省略可能。

では手始めに実際、ICT工事ではどのようなデータを使用するのでしょうか。

- 一言で表すと3次元データを使用します。

出来形管理・3次元設計データ・電子納品資料には次のデータが使用されます。

その中には、3Dスキャナーで取得される、3次元点群データをCSVやLandXMLなどがあり、それらを用いて、TINデータを作成します。

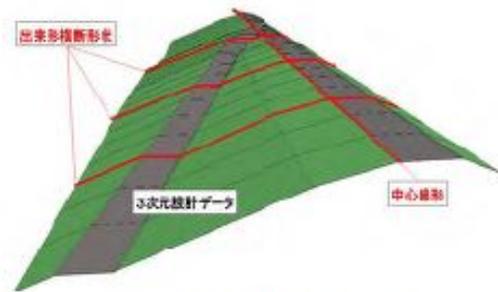
TINデータはちょっと馴染みがない方もおられるでしょうか。

※ここでTINデータについて解説します。

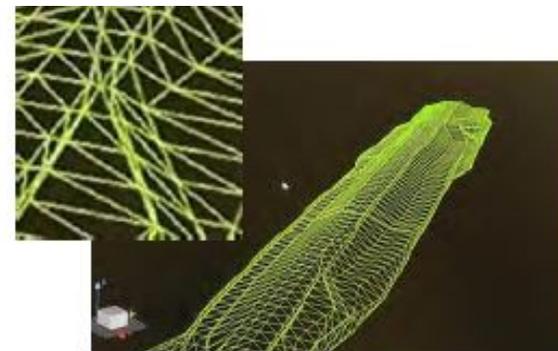
TINとは、triangulated irregular networkの略称です。

点群データを3点で結ぶ不等三角形を形成し(3Dトライアングルベクトル)、地形や設計・出来形などの形状を面形状を3次元表示する、最も一般的に扱われるデジタルデータを言います。

イメージ図



3次元設計データ



TINデータ

また、ドローンをUAV(無人航空機:Unmanned Aerial Vehicle)と規定し、デジタルカメラによる、デジタル空中写真測量により取得できる、ステレオモデル(デジタル写真を重複・補正したもの) 3次元座標を取得する手法もあります。

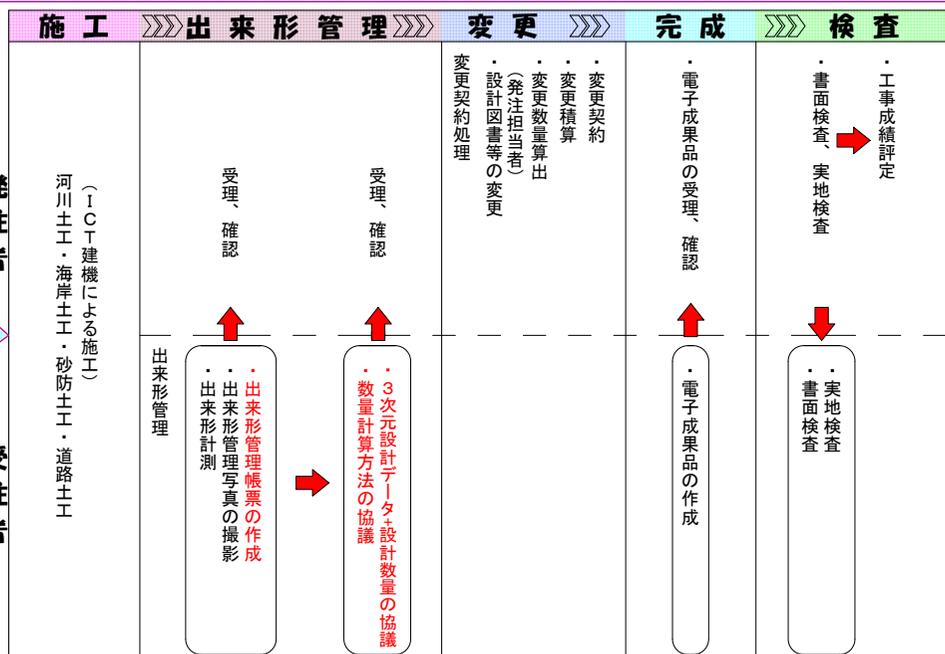
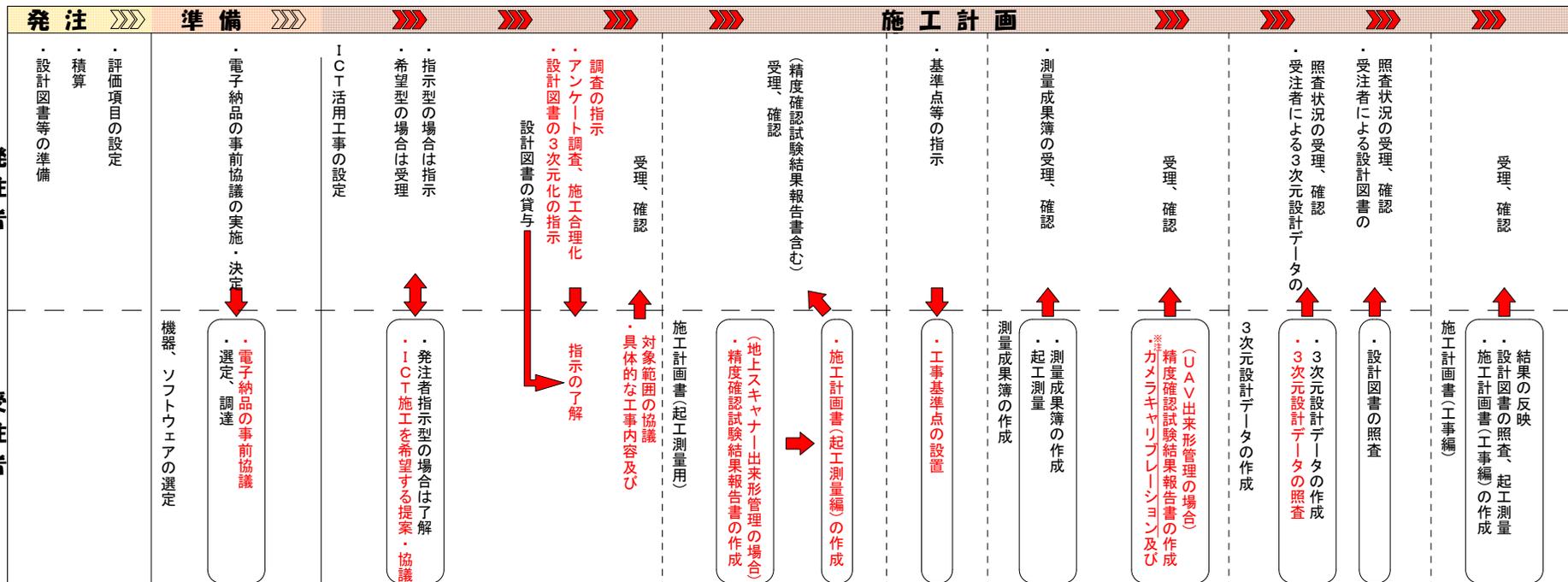
簡単に言うと、デジカメの画像は拡大すると画素の集まりですよ？それらを抽出したものです。

納品は電子納品となり、CSVやL a n d X M L ・TINデータとLAS等のポイントファイルです。基準点や標定点の網図、起工測量の状況写真若しくは、UAVでの撮影写真も忘れてはなりません。諸資料として使用機器の利用状況写真や、UAVを使用した場合には飛行計画にのっとり、撮影した証拠となる証明書類なども必要となります。

参考文献

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)
レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編)(案)
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)
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)

ICT活用工事の流れ



※注 カメラキャリブレーションとは
 少し専門的になりますが『デジタル連続写真等の歪み、傾きを補正する作業』を行い、ステレオ方式により3D化させることです。
 ステレオ方式?あまり馴染みない言葉ですね?人は両目でものを見るとき、遠近感を測るって聞いたことありますよね。それと同じ処理ってことです。



赤字部分の作業につきましては、帳票の作成が必要となりますので、様式作成例を掲載させていただきます。

ICT活用工事を行うには何が必要なのでしょう？

・ICT建設機械

→ICT建設機械とは、MC/MG (Machine Control system/Machine Guidance system)

マシンコントロール/マシンガイダンス・システムを搭載した建設機械。

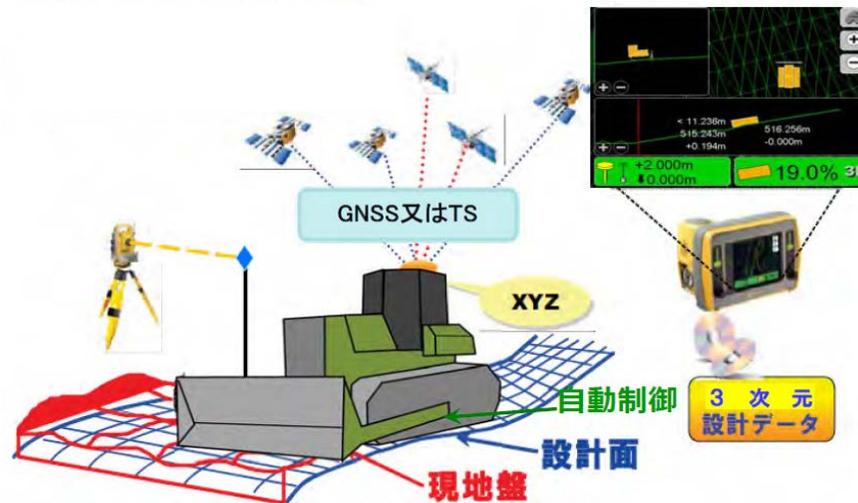
→建設機械に3次元設計データを取り込み、GNSSやTSの測位技術を利用し排土板の機械操作ガイド (MG)、機械自動制御 (MC)を行う。

※マシンコントロール (MC) = 建設重機を3Dデータにより自動制御します！

※マシンガイダンス (MG) = オペレーターに3D設計値をナビゲーション！

→バックホウ、ブルドーザ、モータグレーダ、アスファルトフィニッシャー、

締固め管理システム (振動ローラ・タイヤローラ) などがICT活用施工用機械としてあります。



・では、どの程度のパソコンがいるのでしょうか？

→ICT活用工事で使用するデータは3次元データがメインになってきます。

3Dデータって重いんです…

それに伴い3次元データのやり取りが可能なパソコン、ソフトウェアが必要になってきます。

↓ 国土交通省の推奨する参考スペック等はこちら！

留意事項

★パソコン(PC)

UAV出来形管理要領、またはLS出来形管理要領に規定された方法にて作業できるソフトウェアの推奨環境を参考とすること。

(参考スペック) ・OS Windows7(64Bit)以上

・CPU Corei7以上

・メモリ 32GB

・ストレージ SSD(1TB以上)

・グラフィックカード OpenGL4.0以上 DirectX11.0以上

・ビデオメモリ 2GB以上

・光学式ドライブ ブルーレイディスクの読み込み・書き込みが可能であること



以下は、発注者が将来的に用意すべき環境として参考とすること

★ソフトウェア

・必要な機能の全てに対応可能なソフトは現在開発中と聞いており個別機能で対応することになる。

・ソフトウェアは、「LandXML1.2に準じた3次元設計データ交換標準(案)」の適用に対応でき、このデータ標準でのインポート、エクスポートの機能を有するもの。

または、LANDXML形式、DXF形式、DWG形式に対応していること。

- ①3次元設計 : 平面線形図面、縦断図面、横断図面または各データより3次元設計データを作成する機能を有する。
- ②3次元数量算出 : 3次元測量データより、UAV出来形管理要領、または、LS出来形管理要領にて規定された方法で点データを作成し、出来形管理要領にて規定された方法にて3次元設計データとの差異を算出できる機能を有するもの。
- ③3次元出来形検査: UAV出来形管理要領、または、LS出来形管理要領にて規定された出来形管理図表が作成できる機能を有すること。

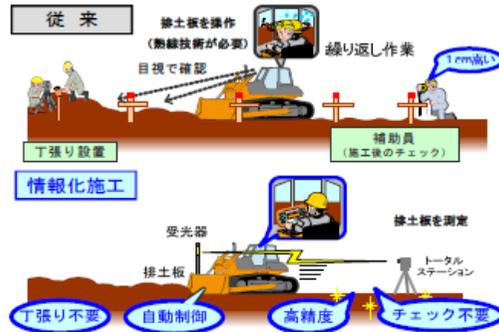
それではICT建設機械を使用した施工がどのようなものなのかを見ていきましょう。

次頁で…

MCブルドーザによる敷均し

- 搬入した盛土材料をMCブルドーザにより敷均し。
- 排土板やシューのスリップ制御により高精度の施工が可能。

■作業イメージ



■作業状況



■搭載されているモニター



ブルドーザの位置、仕上げ面がモニターで確認可能

従来施工

従来の施工では、設計図から丁張を設置してその丁張を目安に施工していましたよね。

施工後の高さを確認しオペレータに指示を出し、再度作業を行うという繰り返しだったんじゃないでしょうか。

しかも仕上がりはオペレータの技量に依存してしまいませんか？

ICT活用施工

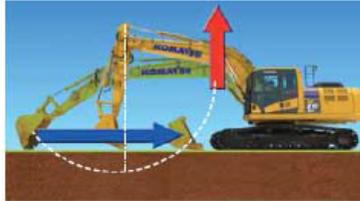
ICTを活用した施工では、3DデータをTSまたはGNSS等による測位から位置を求め、機械本体に搭載された3D設計データと比較した結果で、作業装置の高さや傾きを自動制御して施工します。

そのため、**丁張作業はほぼ必要ありません**しオペレータの技量に関係なく、均一な施工が可能になっています。

MCバックホウによる法面整形

- 盛土法面をMCバックホウにより整形。
- 設計面を掘り込まないようにブーム等を制御し、高精度の施工が可能。

■ 作業イメージ



設計面より掘り込まないように、ブーム、アーム、バケットを制御

■ 作業状況



■ 搭載されているモニター



バックホウの位置、仕上がりイメージがモニターで確認可能

従来施工

こちらも同じように設計図から丁張を設置し、丁張を目安に施工していましたよね。

施工後の出来形を計測し、基準内に入るまで作業を繰り返すというようにオペレータの技量や経験に依存してしまいます…

ICT活用施工

TSやGNSS等から得た、刃先の位置情報・施工設計データを元に作業機操作を、セミオート化したことによりオペレータは掘り過ぎを気にすることなく施工でき、従来の施工と比べて**丁張や検測などの作業がほぼ必要ない**ので施工効率も向上します。

GNSS転圧管理システム

- 敷均した盛土材料を転圧。
- 転圧の履歴をモニターで確認することで、転圧不足がない施工が可能。

■作業状況イメージ



■作業状況



■搭載されているモニター



転圧状況がモニターで確認可能

従来施工

転圧回数や転圧箇所はオペレータによる確認で行われているので、施工性・仕上がり等やはりオペレータの経験と勘が頼りという現状…

ICT活用施工

TSやGNSS等を用いた締固め管理技術は、位置計測装置によって機械の走行軌跡を計測し、締固め回数をリアルタイムにオペレータ画面に表示することで、締固め不足の防止を含むエラーのない均一な施工の支援を行います。

試験施工で得られた目標の締固め回数を確実に実施・管理できることから、施工後の現場での品質計測が不要とされています。

実際にICT建機を使用した現場の声をきいてみましょう。

- ・作業員の熟練度に関係なく均一な施工が可能になった！
- ・法面整形はオペレーターの経験や力量によってバラつきがでるが、ICT建機の活用により精度が安定した。
- ・丁張設置がなくなったので施工性が向上した!!
- ・OPによる仕上がり確認の機械昇り降りや、手元作業員の配置が不要になることで重機災害の発生要因が大幅に減少した！
- ・モニターに施工状況が3D表示されるためイメージの習得が容易になった。
- ・操縦席でモニターに設計データを表示できるため高精度な施工が可能になった。



ここで、もう一度簡単に比較しましょう！

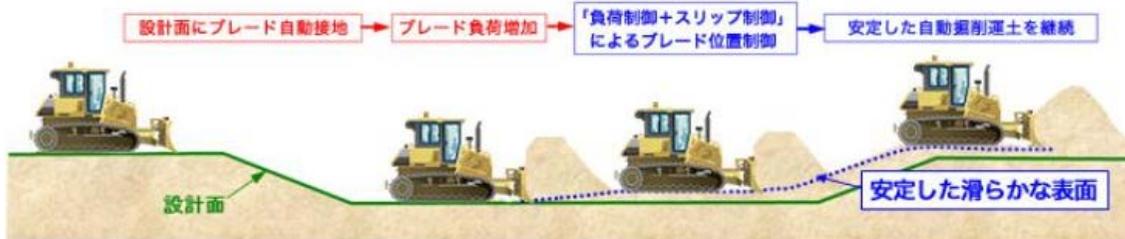
	オペレータ	出来形管理	施工性	安全性	評価・成績
従来施工	熟練者○	大変	従来通り	従来通り	×
ICT活用施工					
マシガイダンス (MG)	熟練者△	楽	良い	良い	○
マシンコントロール (MC)	熟練者×	楽	非常に良い	非常に良い	○

コンベンショナル iB 車での問題 (ブレード位置制御のみ)



- ・ 熟練オペレータさん繁忙期探すの大変ですよ。
- ・ 出来形管理は、写真や書類多くないですか？
- ・ 施工性では、手戻り・人為的ミスは減らしたいものですよ…
- ・ 重機周りの事故多くないですか？
- ・ 評価・成績は上げて受注増やしたいですよ。

インテリジェント・マシンコントロールドーザでの改善 (ブレード位置制御+負荷制御+スリップ制御)



左図の様に、問題はまだまだ山積みではあります。しかし、MG・MCを上手く棲み分けて、上手にICTを活用しましょう！

電子納品について

出来形管理や数量算出の結果等の工事書類(電子成果品)は、「**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。

LSによる出来形管理の場合

電子成果品	<ul style="list-style-type: none">・ 3次元設計データ (LandXML 等のオリジナルデータ (T I N))・ 出来形管理資料 (出来形管理図表 (P D F) または、ビューワー付き 3次元データ)・ 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)・ LSによる出来形計測データ (LandXML 等のオリジナルデータ (T I N))・ LSによる計測点群データ (CSV、LandXML 等のポイントファイル)・ 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)
-------	---

UAVによる出来形管理の場合

電子成果品	<ul style="list-style-type: none">・ 3次元設計データ (LandXML 等のオリジナルデータ (T I N))・ 出来形管理資料 (出来形管理図表 (P D F) または、ビューワー付き 3次元データ)・ 空中写真測量 (U A V) による出来形評価用データ (CSV、LandXML 等のポイントファイル)・ 空中写真測量 (U A V) による出来形計測データ (LandXML 等のオリジナルデータ (T I N)) ・ 空中写真測量 (U A V) による計測点群データ (CSV、LandXML 等のポイントファイル)・ 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)・ 空中写真測量 (U A V) で撮影したデジタル写真 (jpg ファイル)
-------	--



ICT活用工事

ICT施工～UAV(ドローン)編～

株式会社 中浜測量設計

UAV(ドローン)の活用

【簡単に分かるドローン測量】……（UAV、無人航空機とも呼ばれています。）

● 取得できるのは、オルソ画像と3次元点群データ！！

・オルソ画像

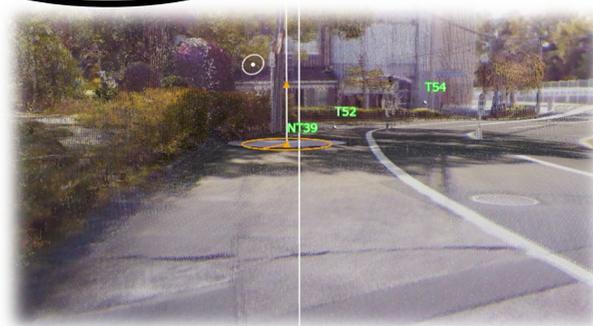
連続空中写真を位置ズレのない画像に変換し、正しい位置情報を付与したものをいいます。

・3次元点群データ

X、Y、Zの基本的な位置情報や色などの情報を持つ点の集合体で、一見して画像の様に見えるものです。

納品すれば、
喜んで戴けるだろうなあ！

これは、専門知識のない発注様への
【見える化】に繋がるなあ…



● 圧倒的な時間短縮！！

例) 8haの測量における所要日数(現場作業)と取得点密度

- 従来測量(TS) . . . 作業日数=半月から一カ月程度、取得点密度50点~200点/1000㎡程度
- 地上レーザー測量 . . . 作業日数=3日~1週間程度、取得点密度200万点/1000㎡以上
- UAV . . . 作業日数=1~2時間程度、取得点密度50万点/1000㎡以上



こ、こんなに!?

これは、立入出来ない箇所も測れるかもしれない…。



● なにより安全！！

他の業種と、同時作業が少ない測量は、事故の可能性が低いと認識している方もいらっしゃるでしょう…。しかし、測量作業員が立ち入る現場は安全設備はなく、1度起こると取り返しのつかない重篤災害が多いのです。また、人気のない状況から害獣、毒虫に襲われて命を落とすケースも少なくないのです。UAVは、プロペラにさえ注意すれば事故リスクは劇的に減少させれるのです。

● 実は案外高精度！！

例) 風速5m～10m未満での検証データ

○ 検証現場における結果

単位はcm

地点名(基準点)	X軸誤差	Y軸誤差	Z軸誤差(標高)	全誤差(三次元誤差)
A地点	0.013796	0.279421	-1.142260	1.17602
B地点	-0.114941	-0.329331	0.553675	0.65439
C地点	-0.377029	0.024645	0.656994	0.65699
D地点	0.265170	0.410164	-1.278090	1.36823
総合	0.237628	0.298067	0.939907	1.01427

検証における結果は、各軸だと**最小0.1ミリ,最大13ミリ**でした。
三次元における誤差では、**最小7ミリ,最大14ミリ程度**であった。

うん！これなら、十分実用レベルだ！



※ 基準点にも誤差はあります、従来測量での地形(現況)測量の誤差も加味するなら高精度といっても過言ではありません。

- 難しそうなのに簡単！！

GNSS測量で行うので基準点いらず！（RTK方式）

RTKとは「リアルタイムキネマティック(Real Time Kinematic)」、「相対測位」と呼ばれる測定方法です。

固定局と移動局の2つの受信機で4つ以上の衛星から信号を受信する技術で、2つの受信機の間で情報をやりとりして正しく位置決定することで、単独測位よりも精度の高い位置情報を得ることができます。

とはいえ2cm程度の誤差があります。

しかし！心配無用です！

写真測量の原理で、複数枚の重複した写真による補正もされるという優れものです！（結果は前項の表のとおりです。）

あれ？

どうせ施工時に基準点が必要なんじゃないのかな？



この測量方法には必要ないので、施工検討の段階なら基準点は省けるんですよ！ もちろん後で基準点が必要なら、精度も良いし容易に整合することもできますよ！ ご心配なく！



● ほかの測量との比較

メリット・デメリット比較表

比較項目	TSを用いた測量 (従来測量)	地上レーザースキャナーを用いた測量 (先進測量)	ドローンを用いた測量・UAV (先進測量)
所要期間	△ 地道に人力による測量しかなく非常に時間がかかる。	○ 地道に人力による測量ではあるが周囲変化点を容易に取得できる。	◎ 広大な範囲を短時間で測ることができる。
価格	△ 測量対象が、狭小な場合は安価であるものの、広大になると日数が増え高価となる。	○ 測量対象が、狭小な場合でも安価といかないが、広大であっても日数は、短い目で価格は安定する。	◎ 測量対象が、狭小な場合でも安価といかないが、広大であれば日数が短く安価となる。
取得変化点数	× 最低限となり、非常に少ない。	◎ 重複観測となり、非常に多い。	○ 5cm毎は、網羅するほど多い。
使用可能地域	◎ どこでも使用できる。	○ どこでも使用できるが伐採が必要。	△ 空港付近、高圧線付近等の使用制限はある。
データの重さ	◎ 現場規模によるが、軽い。	× 非常に重い。	○ 現場規模によるが、やや重い。
施主満足度	× 最低限の評価しか得れない。	○ 観測点直下の変化点が抜け落ちるが、評価は良い。	◎ 見栄えがよく、航空写真も撮れ非常に喜んで戴ける。

評価基準…◎非常に良い、○良い、△普通、×悪い