

文部科学省委託事業
Society5.0社会を支える
エンジニア育成教育プログラム開発事業

「ICT・UAV探究」指導資料

「ICT・UAV探究」指導資料の活用にあたって

近年、インターネットやスマートフォンの普及が急速に進むとともに、IoT、ビッグデータ、人工知能、ロボットといった新技術の進展により、デジタル革新が急速に進み社会の前提が大きく変わろうとしています。

それは、①小型化・高性能化した計測機器、精密かつ膨大なデータを収集、②サイバー空間上でこの膨大な情報（ビッグデータ）を人工知能が解析、③識別、予測、実行するなど判断の高度化・最適化を図り、自動制御のためのルールを推測するなどにより、人間に様々な形のサービスを提供し、フィードバックするというサイバー・フィジカルシステムによる高度な社会、データ駆動型超スマート社会「Society5.0」の到来です。

しかし、これらのデータ駆動型超スマート社会を維持・発展させるには、人工知能やデータ分析に一定の知識をもった人材の育成が不可欠です。既に小・中・高等学校では、プログラミング教育やデータ活用領域の充実を図り、人工知能技術を支える理数・データサイエンスの基礎と、人工知能がデータから知識を獲得するアルゴリズムを理解する素地を育成する取組が始まっています。

専修学校においても、これらのイノベーションに柔軟に対応すべく従来の専門分野の知識・技術に加え、データ駆動型超スマート社会に順応する新しい技術を使いこなせる人材を育成する教育を確立していかなければなりません。

特に、建設分野では、急速にイノベーションが進められており、3次元施工の知識を持ち、トータルでICTを使いこなし、工事をマネージメントできる技術者・技能労働者の必要性が指摘されています。

そこで、当校では、文部科学省の委託を受け、企業や業界、行政、専門学校の協力を得て、Society5.0社会を支える建設エンジニア養成のための実践的教育カリキュラム（テキスト）の作成に取り組みました。

本書は、その「ICT・UAV探究」テキストの実証の過程で作成した指導案やスライドを指導資料としてまとめたものです。各学校で指導計画や指導内容を検討する際の資料としてご活用ください。

産官学が連携した実践的教育カリキュラムの開発

企業・業界の役割

- ・企業が求める技術者ニーズを反映
- ・最新のICT技術情報を提供
- ・カリキュラム実証のための講師の派遣

- 「ICT・UAV探究」で養成するエンジニア像
- ◇ICT施工の必要性を理解するエンジニア
 - ◇ICT施工技術を身に付けようとするエンジニア
 - ◇ICT施工の概要を説明できるエンジニア

専門学校の役割

- ・全国展開の汎用性の観点から助言
- ・適切な学修難易度となるよう助言
- ・指導順序・方法の実証・検証

業界の役割

- ・ICT技術普及拡大の観点からの助言
- ・ICT土工実習の現場提供・支援
- ・地域企業のICT技術推進情報の提供

目 次

1 i-Constructionの推進

・i-Constructionの目的及び背景	3
・i-Constructionによる建設現場の変化	4
・i-Constructionの3次元測量から出来形管理までの流れ	5
・i-Constructionで使用する主な計測機器及び建設機械	8

2 3次元起工測量

・3次元起工測量	14
・SFMソフト演習	14

3 UAV写真測量とレーザ測量

・UAV写真測量	20
・地上レーザ測量	23
・様々な測量機器	24
・3次元データとICT建設機械	27

4 3次元設計データの作成

・3次元測量のメリット	28
・3次元設計データ作成演習	29

5 ICT建設機械による施工と出来形管理

・ひょうご小野産業団地造成工事	38
・ICT活用工事の概要	38
・ICT建設機械の活用現場	41
・最新のICT建設機械	45

到達度確認テスト	51
----------	----

授業概要

学修テーマ	1 i-Constructionの推進	指導時間180分
学修目標	<ul style="list-style-type: none"> ・ICT等を活用するi-Constructionを推進していくことの意味や重要性を理解する。 ・3次元起工測量・出来形管理の概要と流れを理解する。 ・i-Constructionで使用する主な測量機器、建設機械の概要を知る。 	

授業の流れ	展開概要
ステップ1 i-Constructionの目的及び背景	<p>■スライド「i-Constructionの目的」</p>
◇目的	<p>◇目的</p> <p>① 2025年までに20%の生産性向上 ② 建設プロセス全体に3次元データでつなぐ手法を導入 ③ 3K(きつい・汚い・危険)→新3K(給料多い・休日多い・希望が持てる)</p>
◇3つのトップランナー施策	<p>◇3つのトップランナー施策</p> <p>① ICT技術の全面的な活用: UAVによる3次元測量、検査、ICT建機による自動制御施工 ② 規格の標準化(コンクリート化): 現場打ちの効率化プレキャストの進化 ③ 施工時期の平準化: 閑散期・繁忙期の解消による労働環境の改善(2・3月は繁忙期、4・5月は比較的時間が取れる)</p>

◇i-Constructionに至る背景

<i-Constructionに至る背景>

- ・超少子高齢化：建設業では55歳以下が3割、29歳以下が1割。10年後には、現在55歳以上の3割の人材が減る。

◇2020年度基準額の策定・改定の取組

■スライド「2020年度基準額の策定・改定の取組」

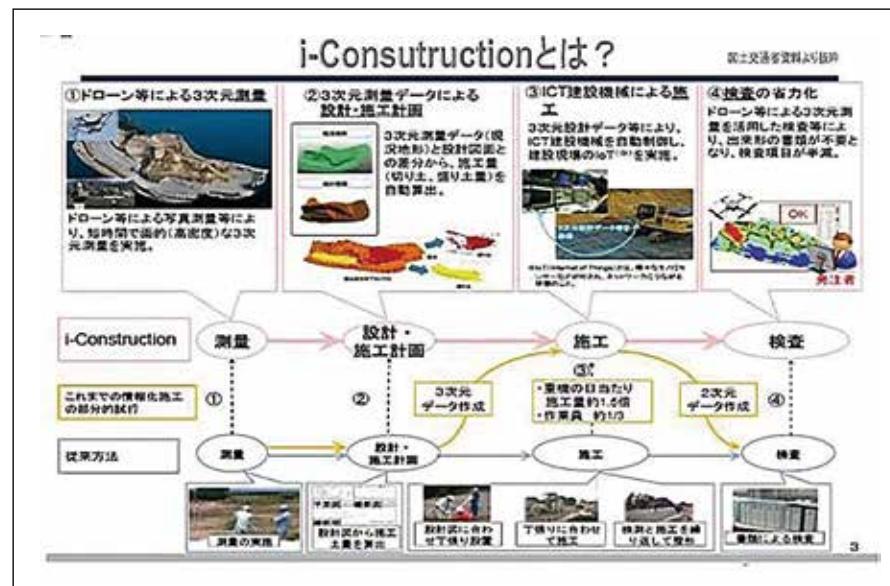


- ・今後は、ICT施工が中心になる(少ない人数で今まで通りの効率で仕事をすることになる)。
- ・そのため、国・民間がICT施工を義務付ける工事が増えている。各地域でもICT活用工事を推進している。

ステップ2

i-Constructionによる建設現場の変化

■スライド「i-Constructionによる変わる現場」



- ・測量、設計・施工検査、施工、検査等、全てICT技術を使う。

◇測量の変化

■スライド「i-Constructionでの測量の変化」



- ・UAVや3Dレーザースキャナによる測量が拡大。
- ・従来の2次元の平面からICT施工は3次元(XYZ軸)の立体に飛躍した。

◇建設機械の変化

■スライド「i-Constructionでの建設機械の変化」



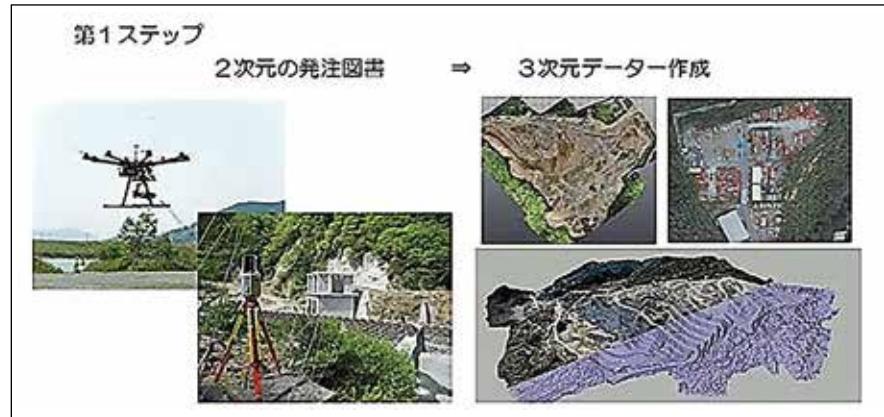
- ・ICT建機による自動化施工が行われるようになる。
- ・マシンコントロール、マシンガイダンスの技術が進められてきた(運転席のモニタを見ると、自動で高さの調節が行われる)。

ステップ3

i-Construction
の3次元測量から
出来形管理まで
の流れ

◇3次元測量

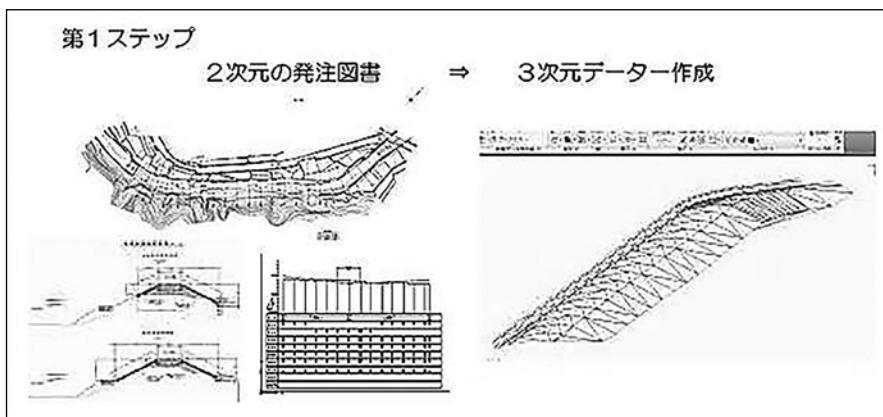
■スライド「i-Constructionの概要・測量」



◇3次元データの作成

- ・UAVやレーザによる3次元測量で3次元データを作成する。
- ・3次元データは、写真ではなく画像である。
- ・すべての点にXYZの位置座標が設定されているため、データ上で色分けする等、様々なことができる。

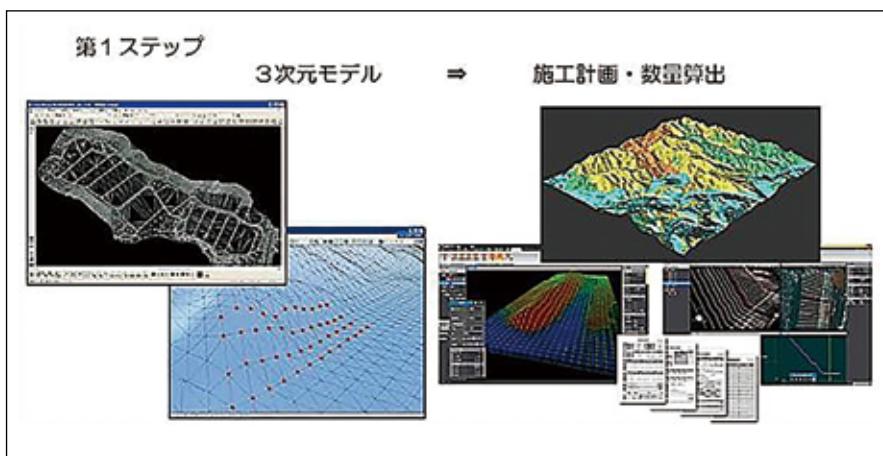
■スライド「i-Constructionの概要・3次元データ」



- ・2次元の発注図書を取り込み、3次元データの立体モデルにすることもできる。

◇施工計画・数量算出

■スライド「i-Constructionの概要・施工計画」



- ・点と点をつなぐと線になり、線と線をつなぐと三角形になる(三角メッシュ)。色分けして、ヒートマップ等様々なことに活用できる。ソフトの使用方法を理解することで活用できる。

◇ ICT建設機械による施工

■スライド「ICT施工の技術・建設機械」

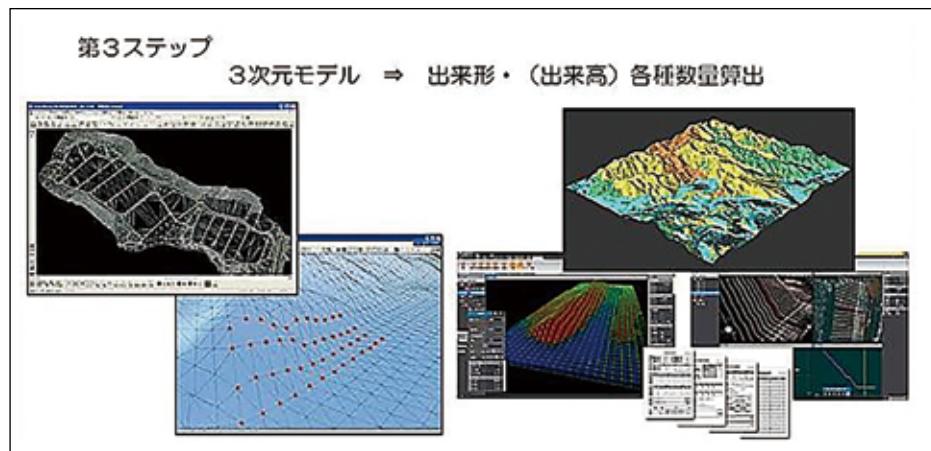


・ICT施工では、様々な建設機械を使う。

・モーターグレーダの自動敷均し制御、ブルドーザの自動敷均し制御、TS・GPSを用いた締固め管理システム、バックホウ掘削工のマシンガイダンスシステム等

◇出来形管理

■スライド「i-Constructionの概要・出来形管理」



・施工が終わって仕上がったものを設計どおりにできているか、もう一度測量をする。設計に重ね合わせる。

ステップ4

i-Construction
で使用する主な
計測機器
及び建設機械

◇トータル ステーション (TS)

■スライド「トータルステーション(TS)」

- ・TSは、測距機能とセオドライト(角度を測る)機能が1つになった測量機である
- ・マシンコントロール・マシンガイダンスで使用するTSは、**自動追尾機能**が付いたもの



・TSは、測距機能と角度を測る機能が一つになった測量機である。

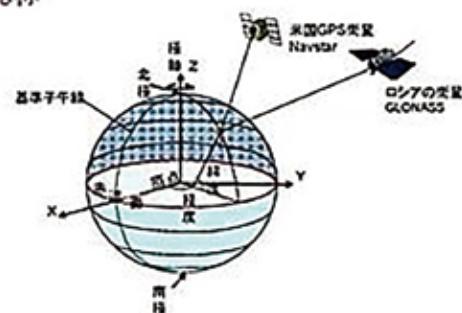
・TSは、光波で自動追尾機能、無線機能がついたものである。

◇GNSS

■スライド「GNSS」

GPS(アメリカ)・GLONASS(ロシア)
ガリレオ(EU)・みちびき(日本)等を含む
人工衛星を利用した測位システムの総称

G グローバル
N ナビゲーション
S サテライト
S システム



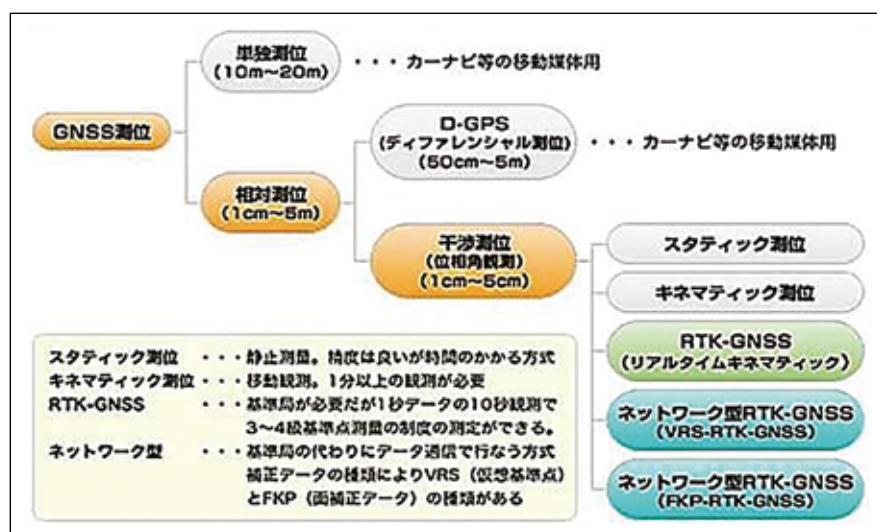
・位置情報を知る方法が、GNSSである。

・これまでの人工衛星は自動運転により、常に日本の上空になかった。みちびき(人工衛星を利用した測位システムの総称)は、北半球に約13時間、南半球に約11時間留まり、常に日本付近が測定できるよう打ち上げられた。

・最低4基のGPS衛星がないと精度が悪い。場所によっては、高さの誤差が出ることもある。

◇情報化施工で使うGNSS測位方式

■スライド「情報化施工で使うGNSS測位方式」

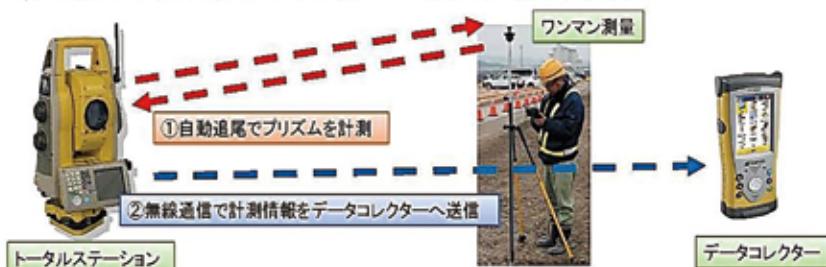


- 建設では、干渉測位のRTK-GNSSやネットワーク型RTK-GNSSを使うことにより誤差が5cm程度に抑えられる。ネットワーク型は、基準局の代わりにデータ通信で行う(仮想基準点)。

◇情報化施工で使う計測機器データコレクタ

■スライド「情報化施工で使う計測機器データコレクタ」

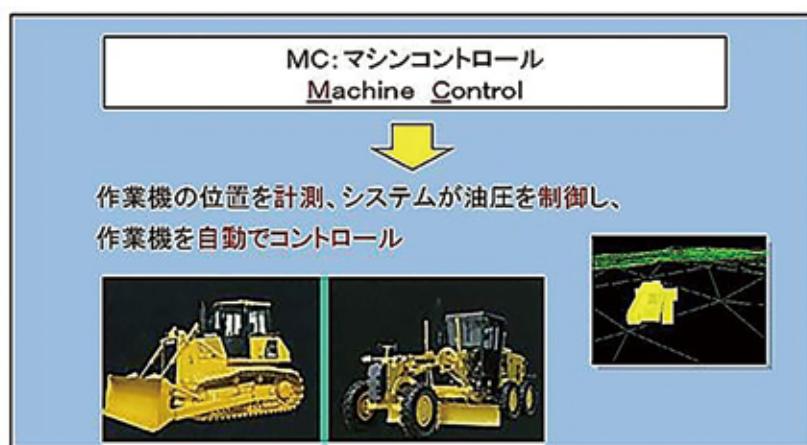
- データコレクタは、TSやGNSSを利用する計測機器になります
- 情報化施工では、ワンマン測量にて使用
- 測量データの保存や、設計データの入力・設計データとの切盛量の確認等、専用のソフトウェアが内蔵された小型のパソコンになります



- ワンマン測量では、データコレクタを使用する。
- データコレクタは、測量データの保存・設計データの入力等専用ソフトウェアが内蔵された小型パソコンと同じである。
- 基本的に、測量の基礎知識が必要である。
- データコレクタは、測量データや設計データとの差異を表示する。

◇建設機械マシン
コントロール(MC)

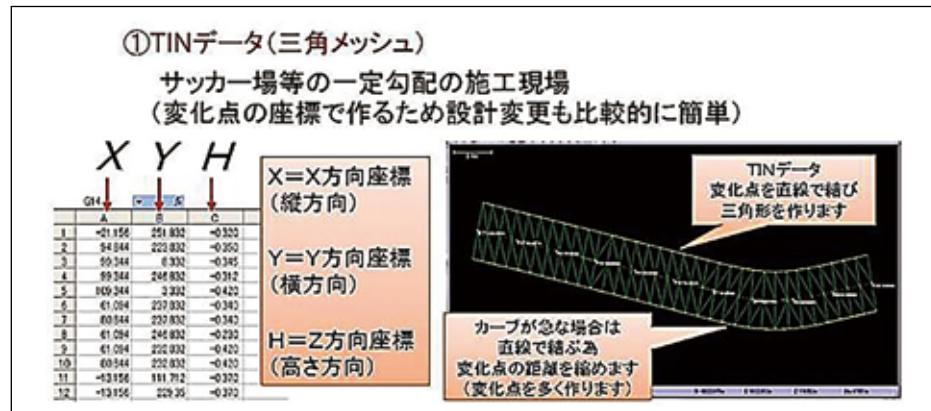
■スライド「マシンコントロール(MC)」



- ・作業機の位置を計測、システムが油圧を制御し、作業機(刃先の位置)を自動でコントロールする。

◇建設機械の自動
コントロール

■スライド「建設機械搭載の3次元(3D)設計データ」

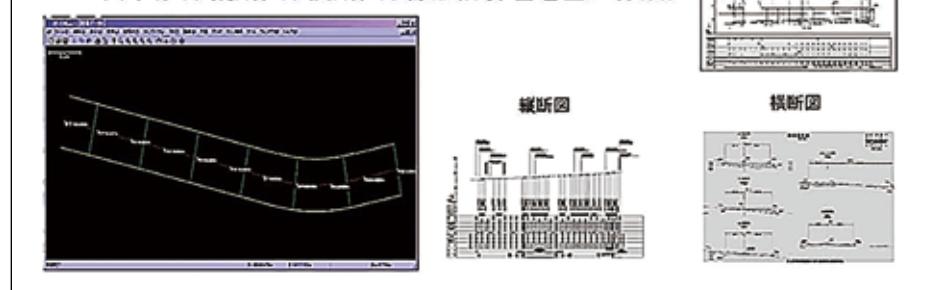


- ・TINデータ: XYZの座標で三角形を作る(三角メッシュ)。

■スライド「重機搭載の3次元(3D)設計データ」

②路線データ

道路土工等の線形(曲線)を持つ施工現場
(平面図、縦断図、横断図、線形計算書を基に作成)



- ・路線データ(道路は水平ではない、傾きがある。)

◇建設機械の自動コントロール

■スライド「自動コントロール」

取込を行なったデータを基に排土板を自動でコントロール
オペレーターは手元のAUTOスイッチを入れるだけ
後は量機を前後へ動かすだけで施工可能



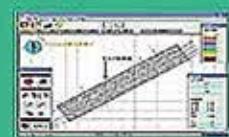
- ・取り込みを行なったデータを基に、排土板を自動でコントロールする。

◇建設機械マシンガイダンス(MG)

■スライド「マシンガイダンス(MG)」

MG: マシンガイダンス
Machine Guidance

作業機の位置を計測し、表示・誘導するシステム
(オペレータの操作をサポート)



- ・モニタリングするだけの内容のため、実際には自動ではなく、自分で操作しなくてはならない。

◇建設機械例： バックホウマシンガイダンス

■スライド「バックホウマシンガイダンス」

バックホー ガイダンスシステム

方位の検出
GNSSアンテナ



自動でバケットの刃先位置検出



- ・360度計測するために、IMUを入れる。

・油圧ショベルは回転するため、GNSSのアンテナを2個立てる。アンテナ2個で、どちらの方向に回転しているのか角度を検出している。

・ある程度大きい油圧ショベルしか、バックホウガイダンスを勧められない。

・アンテナ間の距離が2m位はないと、位置精度の保持ができない。

◇バックホウマシン
ガイダンス:モニタ
①

■スライド「バックホウマシンガイダンス:モニタ①」



・モニタ画面を見ながら、なぞる。

・施工法面の傾斜や法肩、法尻の位置を確認する。

◇バックホウマシン
ガイダンス:モニタ
②

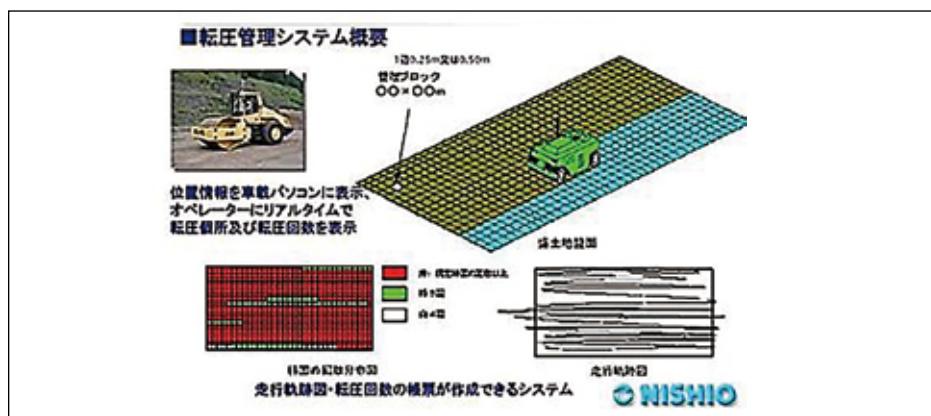
■スライド 「バックホウマシンガイダンス:モニタ②」



・掘削断面を指定すると、バケットの位置と断面との位置関係が表示される。→画面のガイダンスに従って設計通りの施工が可能。

◇建設機械例：
転圧回数管理
マシンガイダンス
システム

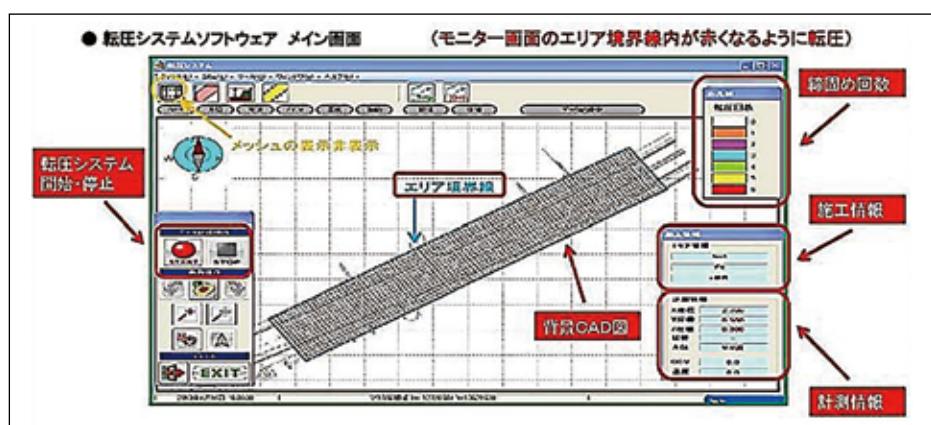
■スライド「転圧回数管理マシンガイダンスシステム」



・何回締固めをしたかの分布図(転圧回数)や走行奇跡図の帳票を作成できるシステムである。

◇転圧回数管理
マシンガイダンス
システム:モニタ①

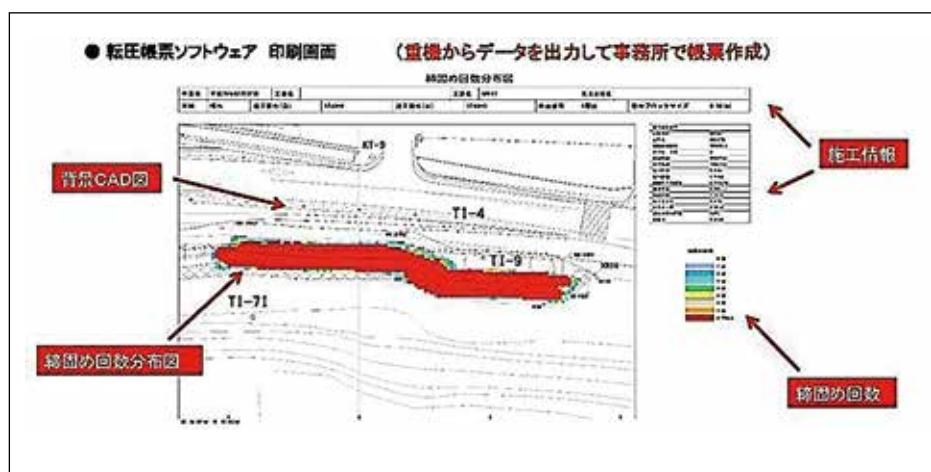
■スライド「転圧回数管理マシンガイダンスシステム:モニタ①」



・モニタ画面のエリア境界線内が赤くなるように転圧する。

◇転圧回数管理
マシンガイダンス
システム:モニタ②

■スライド「転圧回数管理マシンガイダンスシステム:モニタ②」



・重機からデータを出して事務所で帳票を作成する。

・ポイントのデータを入力していれば、選択したポイントへの誘導が可能である。

本資料は、福井コンピュータ株式会社様、西尾レンントオール株式会社様の協力を得て実施したものです。掲載しているスライドも2社からの提供です。

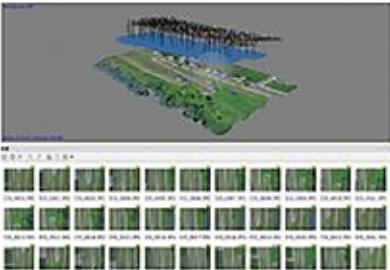
授業概要

学修テーマ	2 3次元起工測量	指導時間150分
学修目標	<ul style="list-style-type: none"> ・UAVによる3次元起工測量のメリットを理解する。 ・UAVによる3次元起工測量のデータ処理の流れを理解する。 ・3次元起工測量データをSFMソフトを使って解析する体験を行い、解析方法の概要を理解する。 	

授業の流れ	展開概要
ステップ1 3次元起工測量	<ul style="list-style-type: none"> ・3次元起工測量とは、ドローンで撮ってきた写真を3次元化することで、点群データをつくっていくことである。 <p>■スライド 「3次元起工測量(点群データ作成)」</p> <pre> ◆ドローン空撮≠点群データ ↓ ドローン空撮 → SfMソフト(三次元形状復元ソフトウェア) → 点群(TXT, CSV, CTB, Las) → 点群処理ソフト(点群加工) ↓ [断面抽出] [土量集計] ↓ 様々な用途・活用へ 設計、施工、算量 Land XML Cross Section SIMA 土量 CSV ↓ 目的に合わせて 必要な形式に！ </pre> <ul style="list-style-type: none"> ・これまででは学校では、直接現場を測量する実習をしたと思うが、これからの測量は、ドローンで3Dレーザスキャンする時代になる。 ・これまでの測量では、「あそこは撮った、ここは撮った」と確認すると、撮れていない部分があったりして、何キロも離れた現場に撮り直しに行くということがあったが、ドローンによる写真測量では、全部とれる。
ステップ2 SFMソフト演習	<p>◇写真測量の原理</p> <p>【ドローンで撮影した写真の3次元化体験】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人間の目が3次元に見える理由は、目が2つあって離れているからである。 ・写真による3次元測量の原理はそれと同じで、2つの少し異なる写真を重ね合わせて(オーバーラップ)、一つのピントに合わせるときの距離で測るというものである。 ・以前は、セスナを飛ばして写真をたくさん撮って、それを並べて、実体鏡という道具でピントを合わせて、手計算をして距離を出していたが、現在ではコンピュータソフト(SFMソフト)を使って、すべて自動で行うようになった。 ・いろいろなメーカーのSFMソフトのうち、アギソフトのメタシェイプで行う。 ・SFMソフトは、すべて海外のものである。その理由は、軍事技術を民間利用に転用したためである。

■スライド「三次元形状復元ソフトウェア」

概要
「三次元形状復元ソフト」は空中写真から特徴点を抽出して撮影状態を求めるとともに、高密度に三次元点群を抽出し、三次元形状を復元するものである



注意点

- これらのソフトウェアは測量を目的として開発されておらず、民商用のデジタルカメラを使用し、多様な写真に対応する性質を持つた製品である
- 正確さの確保が不確定な部分もある
- 解析結果が誤っていても点検できない

写真測量の知識を高め、使用機器や飛行条件、処理方法等が目的に応じた測量に適しているかの十分な検証が必要

国土地政局 UAVを用いた公共測量マニュアル（第1版）より

・操作（デスクトップ→メタシェイプ）

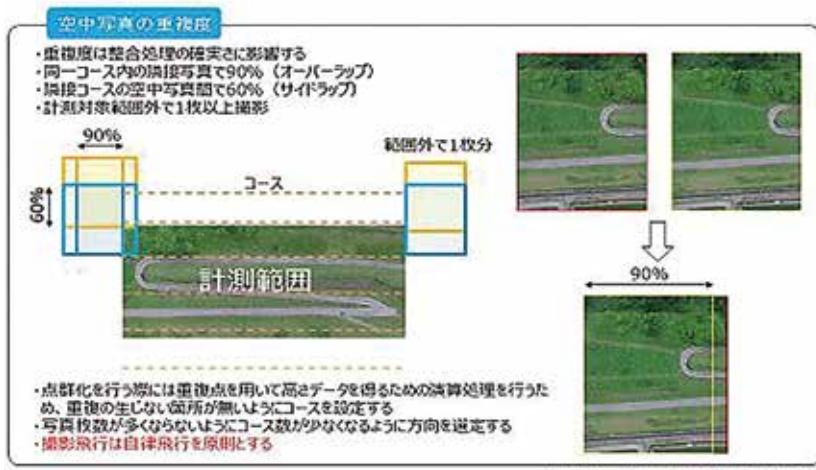
・デスクトップから空撮写真を選択し、メタシェイプに入れる。

・写真は0109から0131まであるが、少しずつずれて写真を撮っていることがわかる。

・写真からつくる3次元測量は、2つの少し異なる写真を重ね合わせて（オーバーラップ）、正確に一つのピントに合わせる作業が必要である。そのため、ドローンを飛ばしてカメラを真下に向けて、少しずつ動かしながら写真を撮っている。

・基本的な操作は、地図から測量したい範囲を決めスマホで設定すると、コントローラを見るだけで、ドローンが多く写真を撮って戻ってくる。ただし、緊急時対応のため、いつでも操作できる状態になければならない。

・オーバーラップは、定められたラップ率により重ねていく。



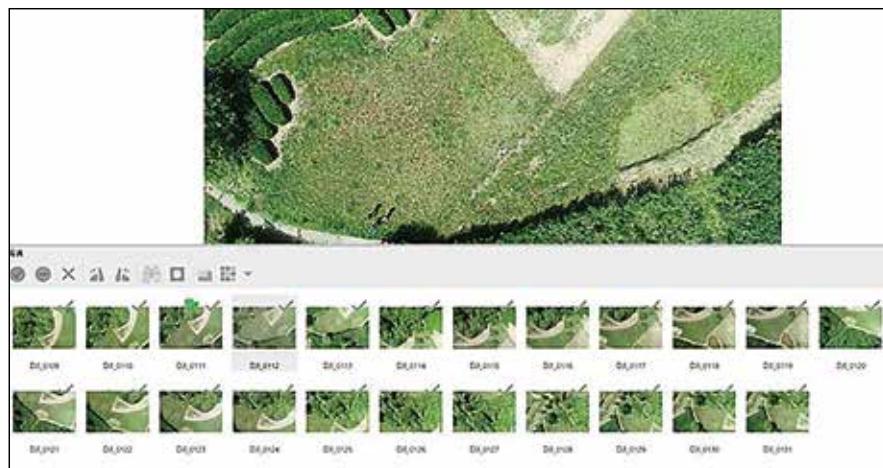
◇オーバーラップ

・地面にあるマーク、これが対空標識である。



◇対空標識

- ドローンで撮影してソフトで解析しただけでは、位置も大きさも誤差がある。精度を上げるためにには、ドローンを飛ばす前に、現場を歩いて、対空標識(マーク)を置くことが重要である。
- マークを置くと、光波ないしGNSSで座標を取得する。取得した座標で補正し、精度を上げる作業をする。
- ドローンが全盛になっても測量は必要である。ピンポイントでXYZを求めるのに測量機にかなう道具はない。ドローンや3Dスキャナの性能が上がっても、ピンポイントで位置座標を測るのは、光波が最も良い。



- 拡大していくと最終的に粒(ピクセル)になる。このピクセル(画素)が細かければ細かい程、粒が小さければ小さい程、精度が良くなる。
- 性能がよくないデジカメで撮影すると、この粒が粗くなる。また、このソフトは粒と粒どうしを重ねて補正するため、粒が粗いと精度が出なくなる。
- 粒の大きさがリアルサイズで1cm以下になるように撮らなければならない。
- 性能の良いカメラを積んだドローンの場合、高く飛ばしても地面の画素の精度が高いため、高いところにあげて広く撮ることにより写真の枚数を少なくすることができます。
- 性能の悪いカメラの場合、精度を保つために高く飛ばせないため、低い位置から写真を多く撮る必要がある。

◇解析する

- 操作(メニューからワークフロー → 写真のアライメント)
- 以前は、隣り合った写真を2枚重ね、実体鏡でピントを合わせて、距離を測り3Dにしていた。ただし、この方法は1m程誤差がある。また、少ない枚数の写真であれば手動ができるが、何百枚もの写真となると大変である。
- このソフトが、写真を1枚1枚チェックしてどのように並べるとよいかを自動で解析する(枚数やパソコンの精度によってかかる時間が違う)。

操作(モデルをクリック)

- モデルをクリックすると、この段階でドローンが飛んだ軌跡と、写真の大まかな特徴を抽出してそれに高さを加えた大まかな3Dができている。

◇精度を高める

〈座標軸を入れ替える〉

- ・画像を処理する前に測量系のX軸とY軸に入れ替える必要がある。
 - ・ドローンは、緯度・経度で表示されるが、測量では緯度・経度はあまり使わず、XYZを使う。測量系は、縦がX軸で横がY軸なので、XYZ表示に変える。
-
- ・操作〈写真を全て選択→右クリック→クリア〉(緯度、経度が空欄になる)
 - ・操作〈プルダウンでローカル→OK〉(緯度、経度がXYに変わる)



〈座標に補正をかける〉

①測量した座標を読み込む。

操作〈座標のインポート→標定点〉

②測量系座標に入れ替える。

- ・メタシェイプは数学系座標であり、測量してきた座標は測量系座標なので、X軸とY軸を入れ替えて読み込む必要がある。Z軸はそのままよい。
- ・数学系座標は、縦がY軸で横がX軸、0度は3時方向で反時計回り。
- ・測量系座標は、縦がX軸で横がY軸、0度は12時方向で時計回り。

③座標に補正をかける

- ・写真1枚1枚に位置を確認しながらマークを置いていく。

操作〈拡大してマークを見る→右クリックでマーカー真ん中に配置→検証〉

- ・全部のマークに対してこの作業を行う。

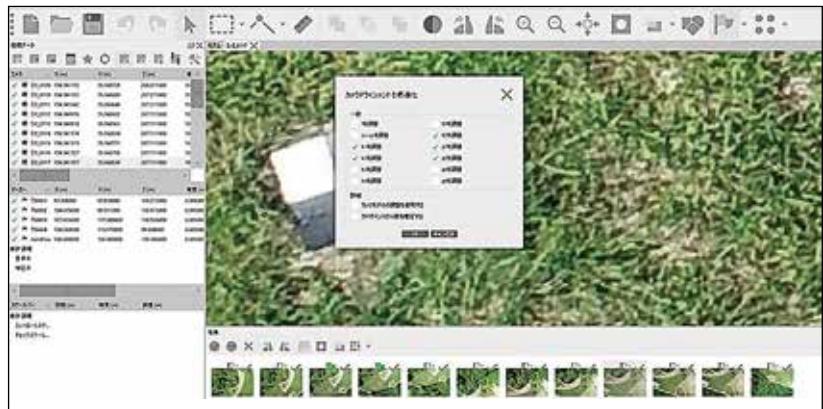
・作業が大変なので、ドローンで撮影する時に、マークとともに測点の番号を置いて写しておくと便利である。

・作ったものの誤差は5cmまでにする。



◇結果(誤差)を見る

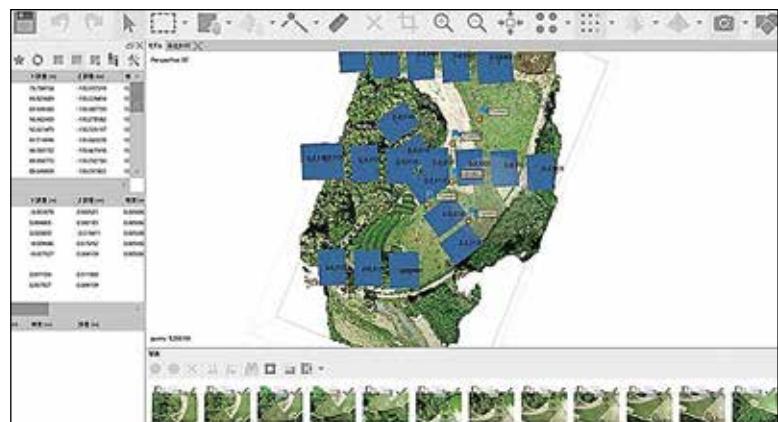
- ・補正をかけたデータを微調整する。
- ・操作(☆ボタン→カメラ最適化→OK、びっくりマーク→エラー表示)
- ・作成したデータの誤差が表示される。



- ・現場が広ければ広いほど、写真の枚数が増えてマークの数も多くなるため、このような地道な作業が多くなる。
- ・自動で認識させる技術もあるが、最終的には人間の目で判断しないといけない。

◇3Dの解析をする

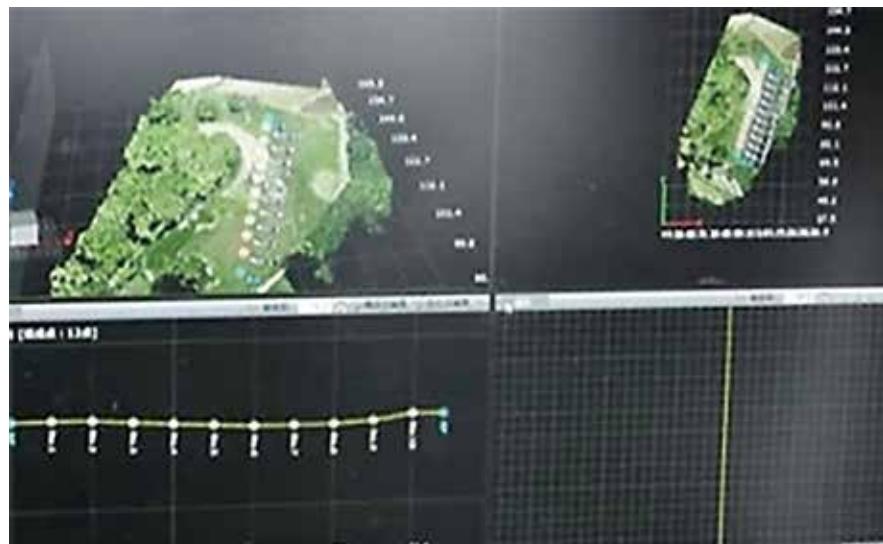
- ・操作(高密度クラウド構築→ワークフロー→中品質→OK)
- ・パソコンの精度や撮影範囲の広さ、写真の枚数によって所要時間が変わる。



- ・点群を出力してメタシェイプの仕事はこれで終了となる。
- ・点群は、何十万、何百万、何千万、何億点という点(座標値)の集まりである。一つ一つが座標になっている。

◇点群データをどう役立てるか

- ・点群データは、現場がコンピュータの中に再現されているのと同じ。
- ・現場に行かなくても距離も高低差もわかる。
- ・例えば、このデータから断面図や横断図ができる。
- ・操作(断面抽出→画面4分割→線形→中間点の間隔5m→中心線2点を選ぶ→確定→5m間隔の縦段図が出てくる)
- ・操作(横断抽出→横断幅5m→現況の横断図ができる)



- ・3Dデータをもらったときに求められるのは、自分の見たい部分を見たい角度で表示できるコンピュータ操作技術である。
- ・令和の測量は、現場ではなく事務所でする時代となる。

本資料は、福井コンピュータ株式会社様の協力を得て実施したものです。掲載しているスライドも上記企業からの提供です。

授業概要

学修テーマ	3 UAV写真測量とレーザ測量	指導時間90分
学修目標	<ul style="list-style-type: none"> 実習を通して、UAV写真測量の仕組や技術、飛行規程について理解する。 実習を通して、レーザ測量の仕組や技術について理解する。 3DレーザスキャナやUAV高解像度カメラ搭載機等を用いた最新の測量技術や測量機器の進歩について理解する。 	

授業の流れ	展開概要
ステップ1 UAV写真測量	<p>■スライド「3次元測量」</p>
◇操作	<p>以前の測量は、二人で行っていた。一人がポール持て歩いて、一人が観測していた。最近は、一人で測ることができるようになった。写真もドローンで上空から良い写真が撮れる。</p> <p>ドローンは、人が行けないような危険な場所の写真を撮ることができる。</p>

◇UAVでの撮影から解析までの作業手順

- ・このドローンは、GNSSを内蔵しているため、安定している。
- ・1200万画素のカメラを使っているため、綺麗な画像が撮れる。動画も撮ることが可能。撮った画像は、マイクロSDに保存される。
- ・ドローンを上げることができる最大の高さは、航空法により150m未満までである。
- ・この機械の良いところは、GNSSを積んでいるため、風の影響によりある程度流されても、もとの場所に戻ろうとする機能がついている。
- ・バッテリー残量が30%を切ったときには、ドローンを戻し、バッテリーを交換する必要がある。長時間ドローンを飛ばし続けているとバッテリーが熱くなり、墜落のリスクが高くなる。
- ・ドローンは空中で静止しているが、カメラは撮影続けている。

■スライド「撮影から解析までの作業手順」



<作業手順>

- ①計測の場所で計画を立て写真撮影をする。
- ②ドローンで撮影した多くの現地の写真を合成する。ソフト利用により半自動で合成できる。
- ③合成した写真から3次元の点群を作る。
- ④作った点群から面積、土量計算をする。

◇無人飛行機 飛行規程

■スライド「UAV空中写真撮影・計測の規制」



- ドローンなどの無人飛行機は、国土交通省が定めた飛行規程がある。申請しないと上げられない場所、申請しても上げられない場所がある。
- ①地表面150m以上の場合は、申請が必要。②30m以内に建物や道路がある場合は、上げられない。などの規制が、国土交通省のホームページに載っている。また、住宅密集地で勝手に上げると罰則があるので注意が必要である。

◇自動航行

■スライド「UAV－自動航行」

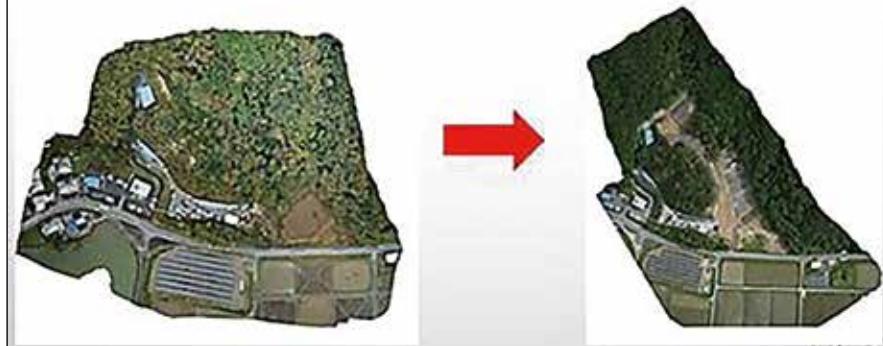


- ドローンは自動設定をして撮影しないと解析ができない、写真の合成ができない。
- ファントムでも自動航行のアプリがある。スタートすると自動で撮影に行って帰ってくる。

◇経年変化

■スライド「経年変化」

計測業務、現地状況、経年変化等に各種機体を用意。



- 撮影した計測のデータを残しておくことにより、工事で現況が変わってしまった時の画像の合成により、どれだけ土量が変わっているか、出来高の計算にも使える。

ステップ2

地上レーザ測量

◇概要



- 地上レーザスキャナは350mまで飛ぶが、ICTの工事で使うのは基本150mである。100mから150mで何回も機械を据え変えて行う。
- 精度は、±6mmなので、ICTの工事ではドローンも使うが、レーザの方が精度がよいのでこちらを多く使う。
- 起工測量で実測する場合は、ドローンを使い、出来高測量に関しては、精度が求められるので、ドローンと地上レーザスキャナを使う。
- 地上レーザスキャナは、基準点を設定するなど、精度を高めたいときに、公共作業規定に則って使う。

◇操作



- ・操作は簡単で、スイッチを入れると初期化が始まる。測量する部分を事前に設定していると、スキャンが自動で始まる。
- ・自動で360度撮影し、レーザが点群を撮る。画像にはカラーの点群となっていく。
- ・様々なレーザスキャナがあり、レーザで点群を撮ってから写真を撮る等、順番が違う場合がある。
- ・標準であれば、1周回るのに15分、機種によっては2分で撮れるスキャナもある。
- ・多くの基準点が必要な時は、ターゲットスキャナを使う。
- ・今後は、現場に行き作業する人と事務所でデータ処理の作業をする人となるだろう。測量士は、機械操作だけでなくパソコンソフトを覚えるのも重要である。
- ・全て、機械を据えてターゲットを立てれば自動で測量できる。失敗するとすれば機械がきちんと据わっていないことである。基準点に水平に据えないといけない。

ステップ3

様々な測量機器

◇ハンドスキャナ



- ・地上レーザスキャナと同じように、レーザが周りの状況を撮っていく。歩きながらデータを取っていくことができるのが大きな特徴である。
- ・橋の下、トンネル、建物の中などを計測するのに用いる。
- ・GNSSが必要ないので、GNSS無しの環境下で使われる。
- ・歩いて撮ると全て点群になる。
- ・機械が撮ったデータを、タブレットですぐに画像で見ることができる。
- ・データは、点群になっているのが出てくる。
- ・ハンドスキャナは、安いものから高いものまであるが、値段の違いは、1秒間に出てくる点数が違う。高価なものになるほど1秒間の点数が何万点、何億点多いので、それだけ密度の高い画像が撮れる。
- ・セオドライブによる測量では、1回で横断1本しかとれず、XYの2次元データだが、UAVやレーザでは高さをだすことができ、1回で横断を何十本でも取れるなど、データ量が非常に多い。

- ・ただ普通のパソコンならデータが固まってしまい開かなかったりするので、高スペックなパソコンでないとデータを扱えない。
- ・こういう機械には編集するソフトが必要になり、それでワンセットである。そのソフトによって絵が描けたりデータを吐き出したりできる。

◇3Dレーザスキャナ

■スライド「3Dレーザスキャナ」

3Dレーザースキャナー

3Dレーザースキャナーの測定原理「タイムオブフライト方式」

レーザーを発射し、測定対象物に反射して返ってくるまでの時間で距離を算出、また、スキャナーの移動方向からレーザーを発射した角度を算出します。

この二つの情報から3次元位置情報を求めます。

一般に、測量で用いられるトータル・ステーションと同じ原理になります。

- ・レーザスキャナの原理は、機械からレーザを発射し、対象物に当たって返ってくるまでの時間で距離を計測して点群にしていく。例えば、建物の周りを撮ってカラーの点群にし、形状を計測したりする。

◇UAVレーザスキャナ

■スライド「UAVレーザスキャナ搭載機」

UAVレーザースキャナー搭載機 Hovermap

- ・UAVレーザスキャナは、写真から点群を作るのではなく、計測の時から点群を作っていく。写真データは、まったく必要なくなる。即、点群になるので、解析をするとXYZになる。
- ・建物、橋、構造物に関しての計測もこれでできる。
- ・基本±3cmである。基準点のXYZを数多く設けるとmm単位の精度になってくる。



(UAVレーザスキャナ搭載機)

◇その他の測量機器

■スライド「その他の測量機器」

その他 計測機器・撮影機器・点検機器

水中ドローン
BlueRobotics BlueROV2

水中ドローン FIFSH V6

水上ドローン PowerDolphin

MAVIC 2 PRO Zoom

MAVIC Enterprise Dual

- ・水中ドローン：後にケーブルが付いていて操縦しながら、水中を走行し計測する。操縦は、簡単である。
- ・水上ドローン：潜らずに、水上を走って写真を撮る。
- ・マビックエンタープライズ：赤外線カメラがついている。太陽光カメラの計測や構造物のひび割れなどを調べて、浮いているか、空洞があるかなどの点検に使う。
- ・UAV高解像度カメラ搭載機は、1億画素ある。(通常携帯などは2000万画素位)真っ黒な写真でも、白くして見ることができる。距離があっても拡大するとひび割れが見える。

◆動画 「様々な機器」

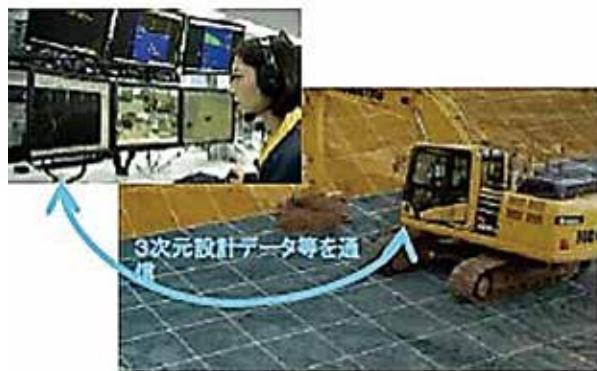
- ・ハンド スキャナ
- ・水中ドローン
- ・水上ドローン

ステップ5

3次元データと ICT建設機械

■スライド「ICT建設機械」

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。



出典：国土交通省

- ・UAVやレーザで測量した3次元データは、ICT建設機械にも利用されている。
- ・複数の人工衛星の働きにより、自分が地球上のどこにいるか、位置がリアルタイムでわかる。同じように、3次元のデータもリアルタイムで取っている。そのデータを重機に流す。設計のデータと重ね合わせしたときに、3次元の空間の情報と計画の設計のデータとを重ね合わせて、その形に合うように重機で掘っていく。
- ・土木を知らない人でも、その通りに機械を使えばその通りの形のものが掘れる。それが、国交省が進めているICT施工である。
- ・技術者の負担や熟練度を技術でカバーする。だから、ベテランの人は経験で仕事をするので、機械が指図すると使いにくいという声もある。若い人は、経験がないので機械が言う通りにするので割と入りやすい。
- ・女性も無人施工で、部屋の中から操作しながら、大きな現場で仕事をしたり、人が入れないような危険な場所(火山の噴火後など)なら、部屋の中から操作することをやっている。
- ・自動運転も仕組が同じで、衛星からのGNSSの電波とレーザスキャナなどの3次元の空間の情報を機械が認識して、自動運転ができる。
- ・昔のカーナビは、トンネルがあれば電波が切れていたが、今はジャイロシステムといって、誤差をなくす機能がついているから誤差がなくなった。今後、3次元の設計はますます増えてくる。

本資料は、伸栄開発株式会社様の協力を得て実施したものです。掲載しているスライドも上記企業からの提供です。

授業概要

学修テーマ	4 3次元設計データの作成 指導時間 150分
学修目標	<ul style="list-style-type: none"> ・3次元設計データ作成の流れを理解する。 ・3次元設計データを体験的に作成し、3次元設計データの作成方法の概要を理解する。 ・3次元設計データの活用方法を知る。

授業の流れ	展開概要
ステップ1 3次元測量の メリット ◇スマート施工	<ul style="list-style-type: none"> ・ICT施工とは、3次元設計データをあらゆるところで活用し、現場の作業を効率化する技術のことである。 ・従来は、機械側の人とプリズム側の人と二人組で測量を行っていたが、現在は、測量機が自動追尾型であれば、一人で測量できる。 ・端末に測量したい場所が出てくるため、誰でもポイントを出せる。計算の作業も一切しなくてよい。 ・これからは、3次元の設計データが作れないと土木の仕事ができなくなってくる。 <p>■動画「スマート施工:どこでも丁張」</p>  <ul style="list-style-type: none"> ・自動追尾型の測量機を使用している。 ・3次元の設計データを入力しているため、全て現場でできる。 ・以前は、図面を見て自分の頭で現場の状況を確認しながら工事をしていた。 ・3次元設計データによって、どのようなものができるか見やすく、わかりやすくなった。

ステップ2

3次元設計データ作成演習

■3次元設計データ作成



- ・CAD図面を取り込む。(平面図・縦断図・横断図)

◇座標値を取り込む

- ・3次元設計データ作成には、座標値(基準点や線形を組むための要素の座標値)が必要になる。
- ・平面線形と(平面の計算)、縦断線形(高さの計算)、横断線形(断面の計算)を順にしていく(横断までいけば3次元ができる)。
- ・座標管理には、自動抽出、半自動抽出、手動抽出がある(今回は半自動抽出)。
- ・座標管理で必要な座標値を取り込む。

◇座標値の確認

■抽出した座標値と平面線形を組むために必要なXYの座標値

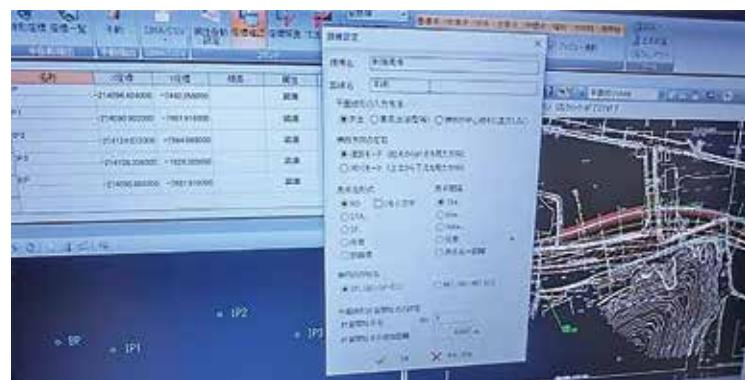
No.	名前	X	Y
1	P1	-21400.420000	-740.3000
2	P2	-21400.420000	-741.5000
3	P3	-21400.420000	-744.8000
4	P4	-21400.420000	-746.2000
5	P5	-21400.420000	-747.5000

- ・取り込んだ座標値が合っているか確認する。



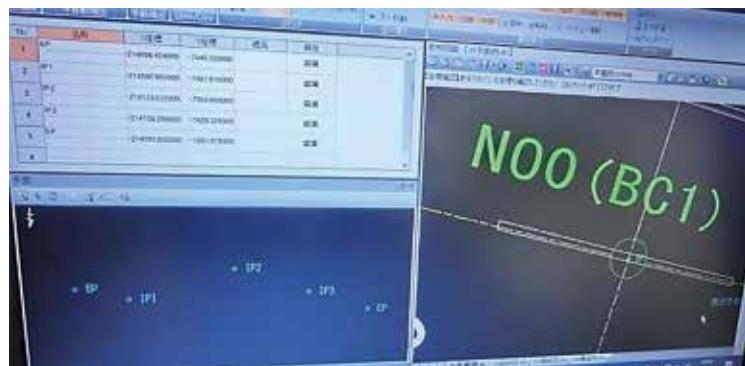
- ・平面図の「右端に、終点のEP点が点滅しているのが座標値のポイント。平面上のEP点に乗っているので合っている。」

◇平面の中心線形の計算をする

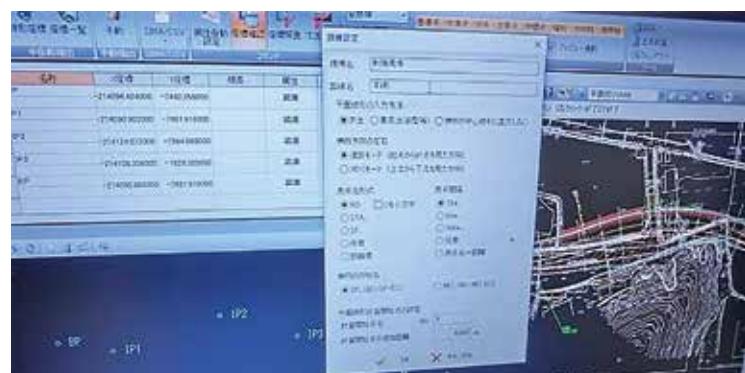


・左のBP点が点滅。No. 0 (BC1)は、カーブの始まりのポイントであり、始まりの始点。終点が右のIP点。測点場所でいうとNo.12+7.356で、ここの中心線形のセンターの測定と座標の計算を行う。

■路線設定



- ・自動抽出→平面線形→縦断図
- ・縦断図から必要な情報を読み取る。



- ・縦断表の測点名のタイトル文字をクリックするとその色が変わる。
- ・追加距離、平面線形曲率図(カーブの情報)、曲線と指定していく。

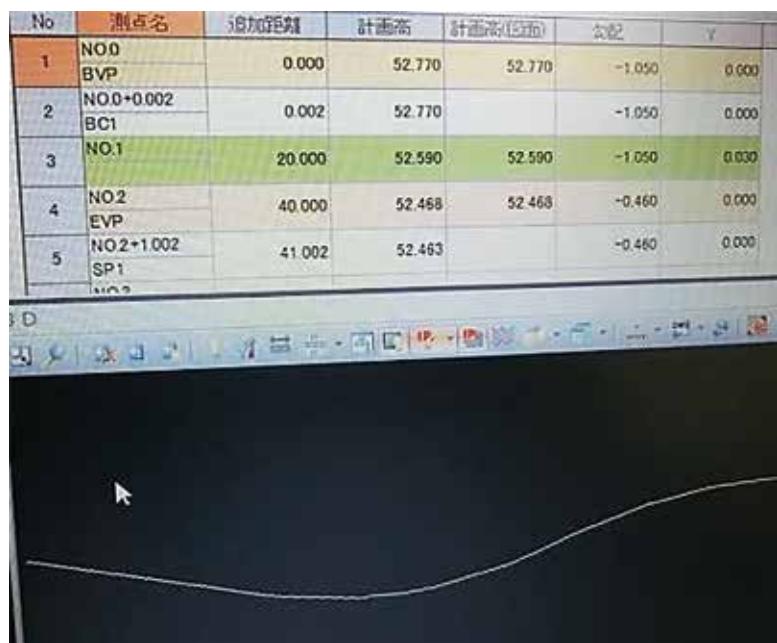
■線形のセッティング終了と計算



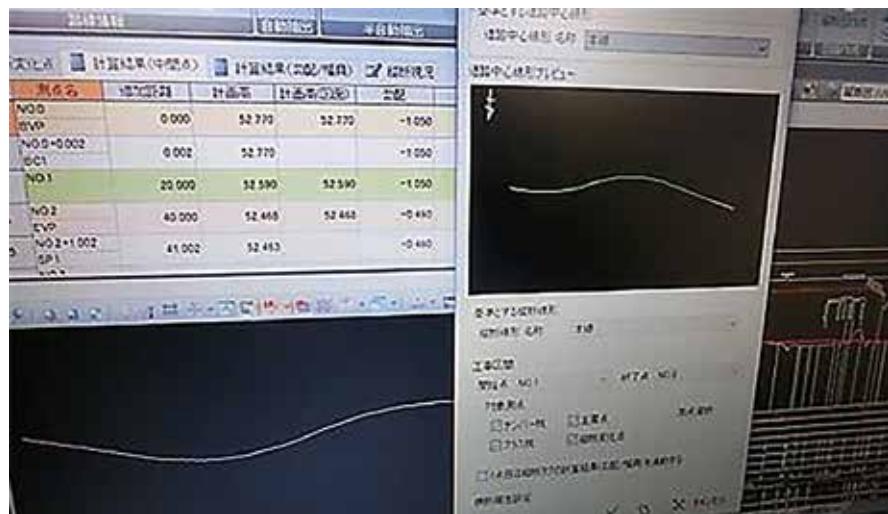
- センターの計算ができた。計算結果:各測点の測点箇所、距離、座標値が出ている。
- このデータを測量機に入れるとき、道路のセンターの位置出しができる。
- 計算結果の確認をする。
- 線形確認→平面図、道路のセンター上に測点が点滅している。例えば、カーブ上の中中心線形にIP2が点滅しているので合っている。

◇縦断(高さ)の計算

- これまで、XYの2次元である。これに高さを加える。
- 半自動抽出から縦断線形に図面を縦断に切り替える。
- 測点追加距離を使う。
- 「計画高タイトル文字→勾配」の2つの情報を抽出。
- プレビューを平面から縦断に切り替える。



- 計算結果を中間点に切り替えると、計画高が計算した高さの情報となる(測点N0.1、N0.2、N0.3、それぞれの計画高が計算されている)。



- 右の計画高(図面)が、縦断図にある計画高に情報が表示される。
- 計算結果と合っているかを確認するには、ここを見ると確認できる。
- 数字が違っていると赤くなるため、合っているかどうかわかる。
- 高さの計算が終わると、プレビューを3Dにすると全体像が表示される。1本の線が出るが、これは、計算した平面の中心線形のことである。高さを入力することで、XYZの3次元となっている(1本の線だが、3次元ができる)。

◇横断を入れる

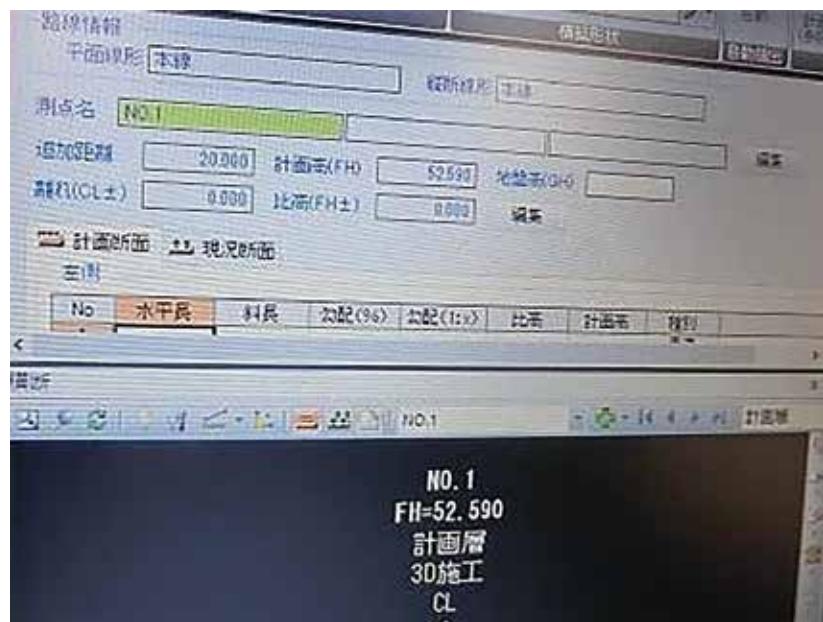
- 横断を入れると3Dの完成になる。

- 横断図は1枚のみの3断面。No. 1、No. 2、No. 3を作る。開始点をNo. 1にし、終了をNo. 3にする。測点はNo. 1、No. 2、No. 3の3つ。プレビューは、横断にする。横断の測点ナンバーが表示される。

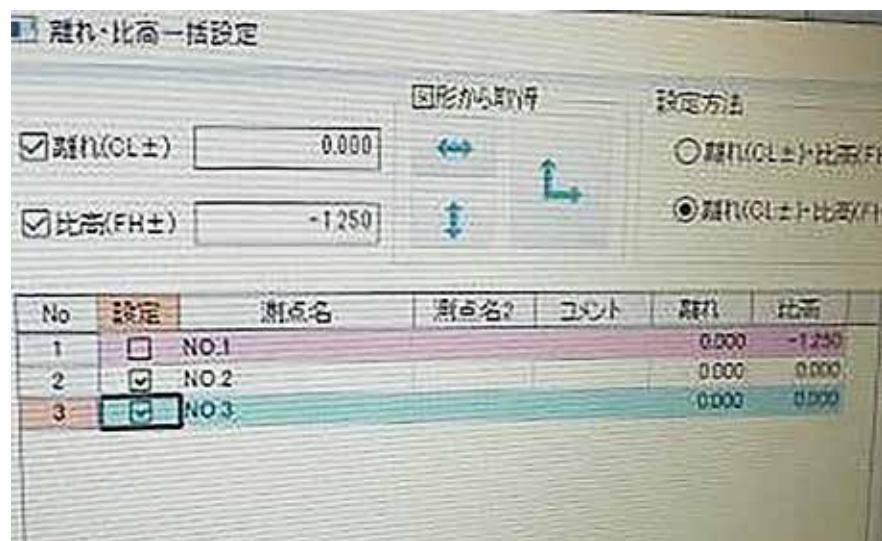


(下からNo. 1、No. 2、No. 3の横断図)

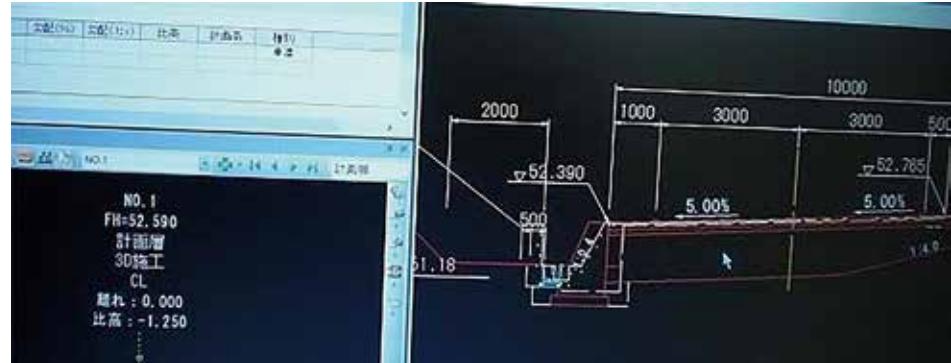
- ・次に切土のデータを作る。計算した高さが一番上の表層の部分になるため、下にオフセット(基準点からの距離の値)、センターの位置の高さをオフセットする必要がある。



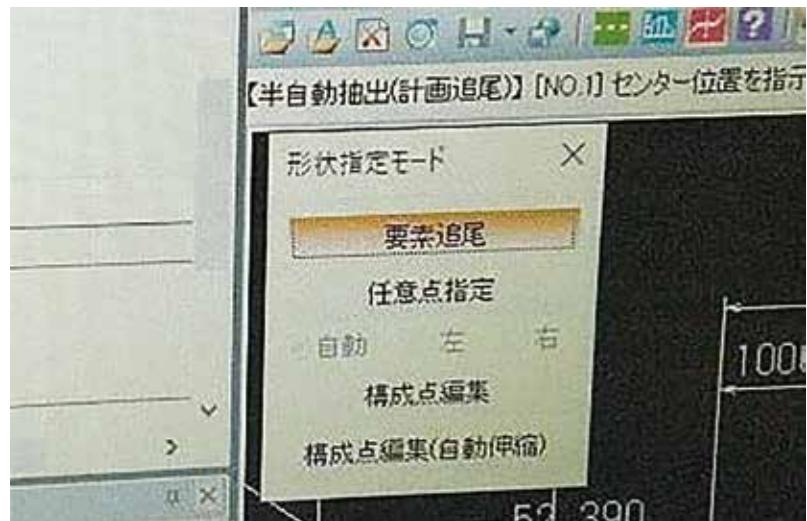
- ・計画高は、表層、仕上がり面の一番上の高さが52.590である。そこからオフセット下にする。
- ・上下の矢印をクリックし、色が付いた状態で、そのままNo. 1のマウスを持ってくると、基準点という文字が表示される。
- ・これは、基準点を指してほしいという意味。
- ・基準点は、一番上の表層の仕上がり面の黄色のセンター、中心と交わっている交点。マウスを交点に持っていくと自動で読み取る。
- ・次に、オフセット位置(どこまで下げるかという意味)、一番下の赤の横断方向の中心線が交わっている交点をクリック。
- ・左に数字が出てくる。-1.250オフセットするということ。この数字になっていればOK。
- ・プレビューに-1.250という情報が表示される。



- ・No. 1をオフセットしたが、No. 2やNo. 3も同じオフセット量になるため、同時に行う。
- ・形状複写→一括設定→No. 2とNo. 3にチェック→OK
- ・セッティングの完了(横断図の最後の3次元データを作成するまでのセッティング)。

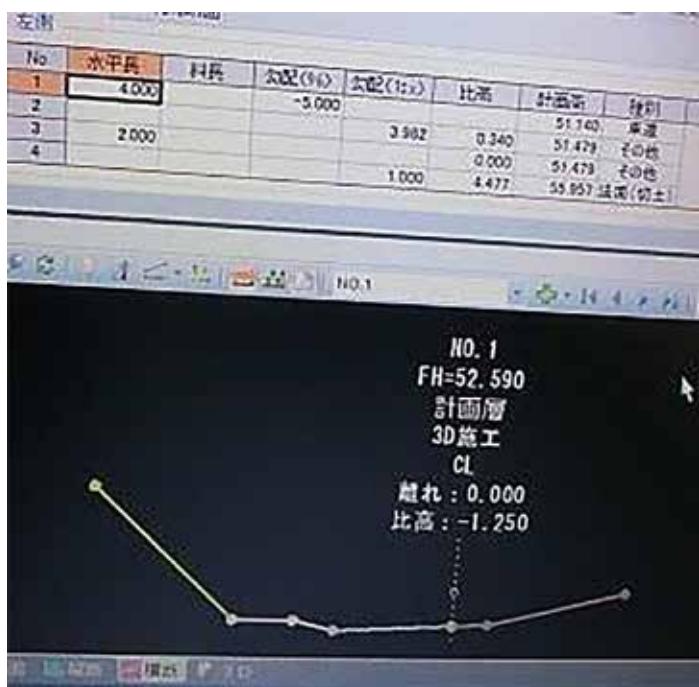


◇断面の形状を作る (No. 1)



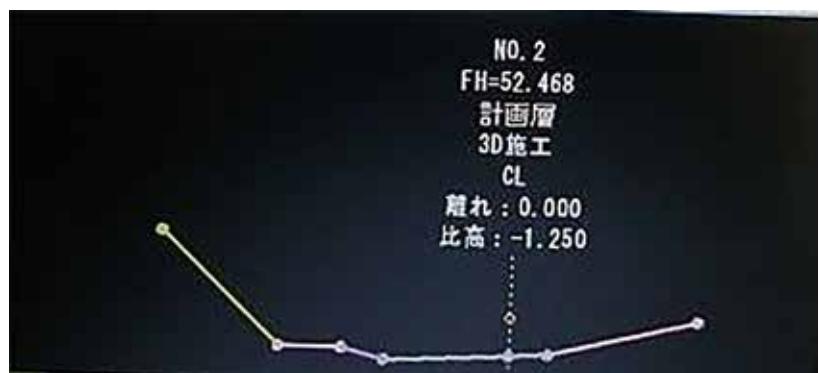
- ・要素追尾を使う。
- ・センター位置と表示されるので、センター位置はオフセットしたセンターのことで、No. 1の一番下の赤い線とオーダー方向の線との交点をクリック。
- ・断面形状の要素が画面に表示されるので、断面方向の赤い線をクリック。
- ・左も横断方向の赤い線をクリックすると、線が結ばれる。
- ・断面形状を抽出すると、断面の形状が表示される。
- ・これに要素(種別)をつける。
- ・プルダウン→車道→その他→小段切土→法面切土
- ・左: 1、2、3段目を車道→4段目を法面切土
- ・この設定で断面が作成されている。
- ・3Dを見ると、センターのNo. 1という測点に断面ができている。作成しているのは、一断面の線のみであるが、追加作成していくつながっていく。

- 表示設定→構成点で自動接続にチェックにつなげていく。

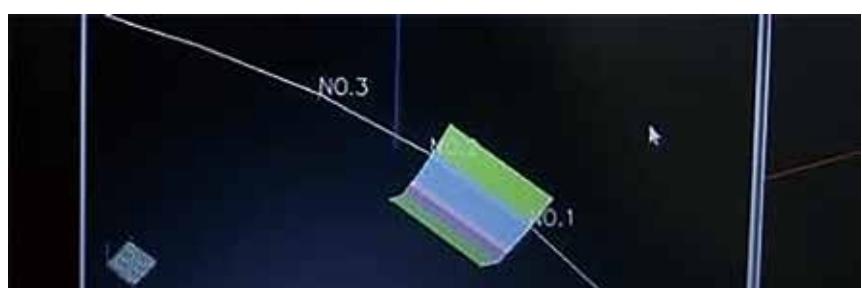


◇No. 2を作る

- 次に、No. 2を作る。
- No. 1と同様に作業・操作を行う。
- この設定で断面が作成されている。3Dを見ると、センターのNo. 2という測点に断面が作成されている。

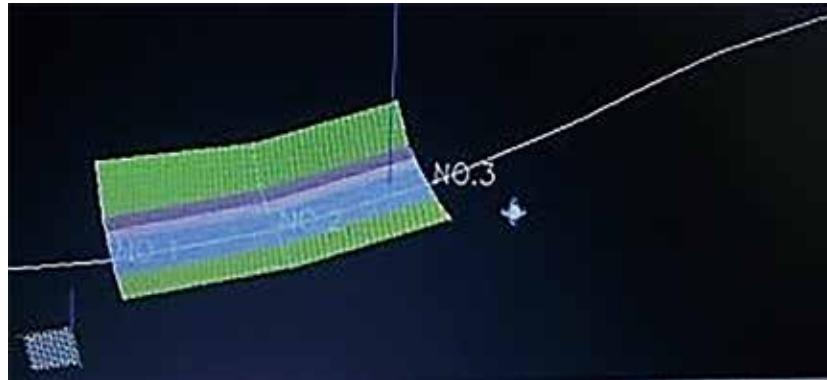


- No. 1からNo. 2の3次元のデータが作成されている。現場に行ってもデータがわかる。



◇No. 3を作る

- ・No. 3の断面を作る:形状複写で作る。
- ・No. 2の断面からNo. 3に複写でNo. 3の断面ができる。



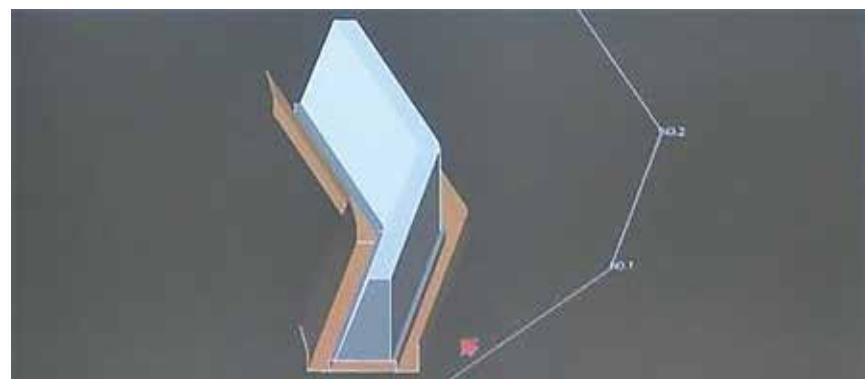
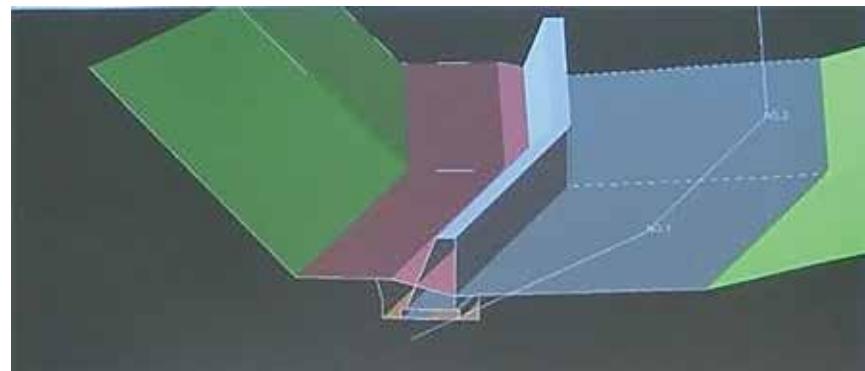
- ・これが合っているか確認するには、①形状編集→②参照図面→③構成点編集に色がついていることを確認→④マウスを横断図No. 3のセンター位置(オフセットした一番下のラインの交点)に合わせる。→④そのデータが横断図に重なるU型側溝の所を拡大し、No. 2とのずれを修正する。→⑤右も同様に拡大してずれを修正する。
- ・図面の確認作業は、3次元を見ても図面と合っているかどうかが、発注者も施工業者もわからない。そこで、3次元を作った時は、3次元が2次元の図面からできているかというチェックをいれないといけない。照査という機能でチェックする。このチェックした図面の提出を発注者から求められる。
- ・現場では、正確な3次元データが必要になってくる。3次元データを間違うと、違うものができてしまう。

◇3次元設計データの活用

- ・この作成したデータを現場へ持っていくと、法面に対して丁張などを設置する時にこの計算が現場ができる。
- ・このデータを重機に持っていくと、重機が動いてくれる(ICT活用工事)。
- ・マシンコントロール(MC)、マシンガイダンス(MG)に必要なデータは、この3次元データである。
- ・例えば、マシンガイダンス(MG)では、オペレーターの席にモニターがあり、情報を教えてくれる。その情報を見ながら、オペレーターは、なぞって切っていくような作業をする。
- ・今まででは、マシンコントロール(MC)やマシンガイダンス(MG)がなかったため、丁張の角度を見ながらオペレーターは作業をしていた。
- ・データがあれば重機が動いてくれる。

◇構造物の3次元データ

- ・ICT活用工事が始まって1~2年が経過し、国から決められた基準をやらされてる感が強かったが、施工業者ももっと現場の効率を上げられるのであれば、構造物を造る際にも利用するべきである。
- ・3次元のデータができれば、みんなで仕上がりのイメージを共有できるので生産性を上げていくことができる。



- ・このようなデータを、Googleアース上で見ることができる。このデータを、座標値を持っているので出力すると、実際の現場に合わせることができる。
- ・3次元データがあれば、社内や発注者との打ち合わせ等にも使用できる。
- ・兵庫県の場合、ICTの工事というのが受注者希望型と指定型があるが、希望型は、金額や数量に関係なく、すべてICTの工事になってきている。施工業者は、3次元のデータを次々に作成し、利用している。



本資料は、建設システム株式会社様の協力を得て実施したものです。掲載しているスライドも上記、企業からの提供です。

授業概要

学修テーマ	5 ICT建設機械による施工と出来形管理 指導時間 講義60分・現場120分
学修目標	<ul style="list-style-type: none"> ・造成現場でのICT建設機械の活用状況の概要を知る。 ・ドローンによる工程管理、バックホウなどのマシンコントロールによる出来形管理、GNSSを用いた振動ローラによる品質管理について理解する。 ・最新のICT建設機械の開発状況を知る。

授業の流れ	展開概要																														
ステップ1 ひょうご小野産業団地造成工事	<p>■ひょうご小野産業団地造成工事計画</p>  <table border="1" data-bbox="489 795 833 1298"> <thead> <tr> <th colspan="2">凡例</th> </tr> <tr> <th>記号</th> <th>用途</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>[Yellow]</td> <td>分譲地(平場)</td> </tr> <tr> <td>[Brown]</td> <td>分譲地(法面)</td> </tr> <tr> <td>[Light Green]</td> <td>造成森林(分譲地 森林)</td> </tr> <tr> <td>[Dark Green]</td> <td>造成森林</td> </tr> <tr> <td>[Grey]</td> <td>道路</td> </tr> <tr> <td>[Orange]</td> <td>管理道(緑地)</td> </tr> <tr> <td>[Dark Blue]</td> <td>道路法面(擁壁、平地含む)</td> </tr> <tr> <td>[Medium Blue]</td> <td>公園・緑地</td> </tr> <tr> <td>[Light Blue]</td> <td>調整池</td> </tr> <tr> <td>[Dark Green/Blue]</td> <td>雨水管理道路</td> </tr> <tr> <td>[Black]</td> <td>残置森林</td> </tr> <tr> <td>[Red]</td> <td>開発区域</td> </tr> <tr> <td>[Grey]</td> <td>間連区域</td> </tr> </tbody> </table> <p>土地利用計画図</p> <p>分譲地 24.18ha 残置森林 6.38ha</p> <p>分譲地 平 場 残置森林</p>	凡例		記号	用途	[Yellow]	分譲地(平場)	[Brown]	分譲地(法面)	[Light Green]	造成森林(分譲地 森林)	[Dark Green]	造成森林	[Grey]	道路	[Orange]	管理道(緑地)	[Dark Blue]	道路法面(擁壁、平地含む)	[Medium Blue]	公園・緑地	[Light Blue]	調整池	[Dark Green/Blue]	雨水管理道路	[Black]	残置森林	[Red]	開発区域	[Grey]	間連区域
凡例																															
記号	用途																														
[Yellow]	分譲地(平場)																														
[Brown]	分譲地(法面)																														
[Light Green]	造成森林(分譲地 森林)																														
[Dark Green]	造成森林																														
[Grey]	道路																														
[Orange]	管理道(緑地)																														
[Dark Blue]	道路法面(擁壁、平地含む)																														
[Medium Blue]	公園・緑地																														
[Light Blue]	調整池																														
[Dark Green/Blue]	雨水管理道路																														
[Black]	残置森林																														
[Red]	開発区域																														
[Grey]	間連区域																														
ステップ2 ICT活用工事の概要	<p>■ICT活用した建設機械</p> 																														

・ひょうご小野産業団地造成工事では、切土量(山を掘削する土量)と盛土量(谷を盛土する土量)のそれぞれ120万m³について機械施行を行い、大規模な造成を進めている。

・造成盛土の品質管理、施工省力化及び施工期間の短縮を図るため、ICTを活用した建設機械等を積極的に活用している。

①3次元マシンコントロール(MC)建設機械活用による出来形管理

②GNSSを用いた振動ローラによる盛土締固めの品質管理

③ドローンを用いた写真測量による造成工事の進捗管理

◇3次元 マシンコントロール (MC)による出来 形管理

■MCバックホウ



・現場では、GNSS等の位置計測装置を用いたMCブルドーザやMCバックホウを導入している。

・MCブルドーザは、盛土施工に使用し、排土板の高さを自動制御して掘削・まき出し。敷均しを行い均一な硬さに仕上げていく。

・MCバックホウは、法面の施工で使用し、モニタを確認しながら3次元設計データによる法面専用バケットの自動制御によって、勾配・高さ・延長を正確に所定の形状に仕上げていく。

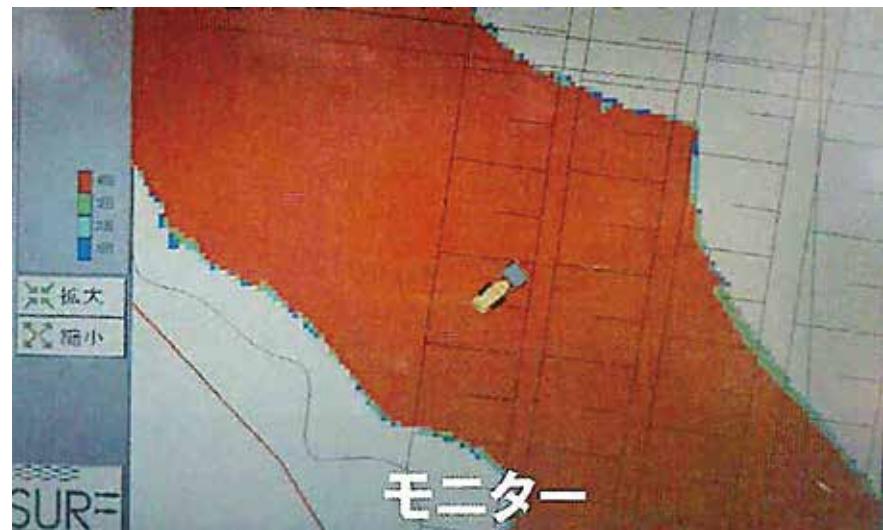
◇GNSSを用いた 振動ローラによる 品質管理

■振動ローラ



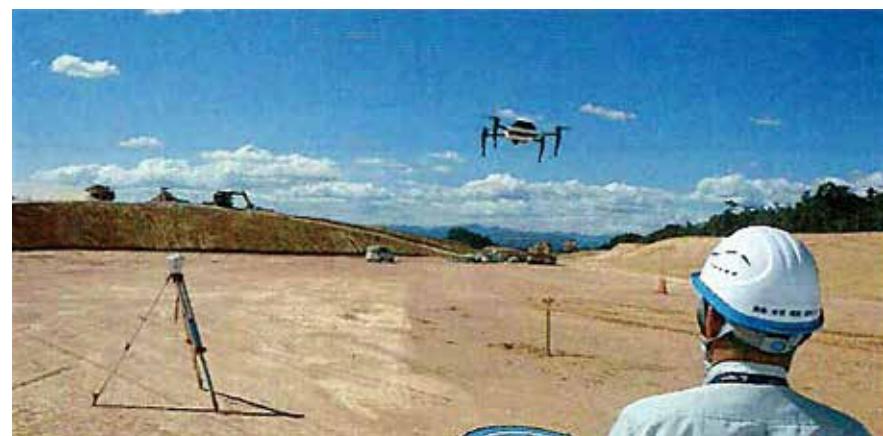
- ・GNSSを用いた振動ローラによる施工は、リアルタイムに締固めた転圧回数と箇所を運転席のモニタで確認することができる。
- ・オペレーターはこのモニタを確認しながら操作するので転圧不足がなく施工できる。
- ・また、ローラに加速度応答装置(α システム)を取り付けて、転圧と同時に地盤の密度を測定し、造成地盤の締固め不足がないよう盛土品質を確保している。

■施工箇所が規定の転圧回数に達していることを赤色で表示



◇ドローン写真測量
による造成工事の
進捗管理

■ドローン写真測量



- ・ドローンを用いて写真測量を実施し、土工計画に基づいた切土量と盛土量の照合を行い、工事の進捗状況に応じて建設機械の配置や機種を見直すなど、計画的に工程を管理している。
- ・現場では、日々または月間に、土量がどれだけ動いたのかを確認するために、エブリデイドローンで測量している。撮影したデータをクラウドサービスに送ると、2時間程で土量の動きが出てくる。
- ・空中写真測量を行い、測量データをクラウド上で処理し、モニタで形状変化(ヒートマップ)を確認する。

ステップ3

ICT建設機械の
活用現場

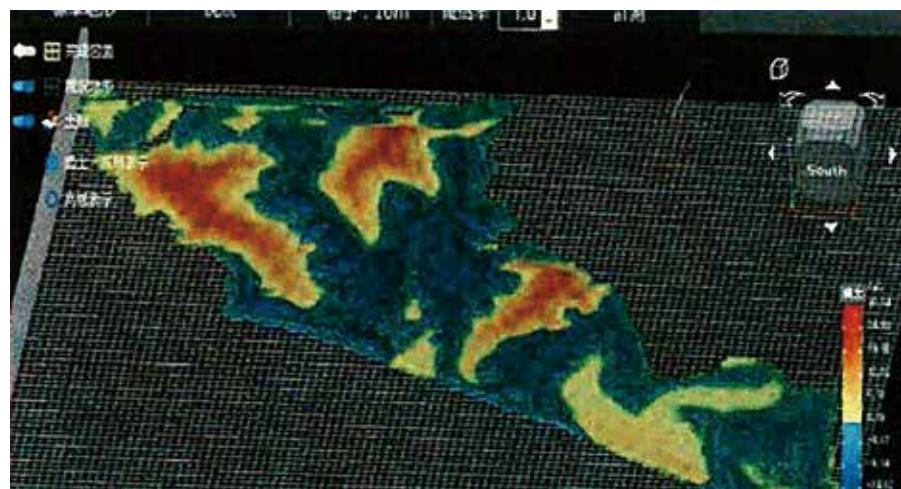
◇バックホウ

■バックホウ



- ・マシンコントロール(MC)バックホウとマシンガイダンス(MG)バックホウがある。
- ・MCは、それ以上、バックホウがいかない。その形にしか動かない。
- ・MGは、画面を見ながら、ある程度熟練したオペレーターが成型・掘削を行う。
- ・MGバックホウは、後ろに2つのアンテナがついている。これが、GNSSの電波を拾うアンテナで、衛星からデータを受信しながら作業ができる。
- ・運転席に画面がある。緑のラインが設計ラインになる。そこまで土を盛って仕上げる。画面に3次元のデータが入っている。

■ヒートマップ



- ・測量結果は、ヒートマップに表示され、赤色が濃いほど谷が深く、青色が濃いほど山が高いことを示している。

◇スクレーブドーザ

■スクレーブドーザ



- ・8m³の土を運ぶことができる。掘り下げた土を本体に溜め込み、前後進して敷き均す。

◇アーティキュレートダンプ

■アーティキュレートダンプ



- ・土の運搬には、道路でよく見かける10tダンプの約2～3倍の土を運ぶことができる大型のダンプ25tタイプを使用している。

◇ブルドーザ

- ・ブルドーザは、土を押しつぶして運び、敷きならす。

- ・排土板(ブレード)の高さを自動的に調節して、一層30cmの盛土にするなら、その高さに設定する。

■ブルドーザ



◇振動ローラ

■振動ローラ



- ・ローラ自身は一般的だが、ICTのローラになっている。
- ・事前調査で必要な転圧回数を決めておき、所定の回数になると、モニタの色が赤に変わるシステムで、確実にその転圧する作業を行っている。
- ・赤に変わっていない所は、所定の回数の転圧ができていないということである。
- ・画面を見ながらオペレータが転圧を行っている。そのようにして、所定の品質を確保する機械である。15tぐらいのエネルギーで締固めている。

◇エブリディドローン

■エブリディドローン



・ドローンでの測量：従来なら、光波・レベルなどの機械で、平面・横断・縦断を測量して土量を計算していくが、今は、ドローンを使った測量が主流となりつつある。

・2万m²の測量成果物作成時間は従来人間がしたときと比較すると3日、UAV測量は1日、エブリディドローンは約30分で測量を終える。UAV測量では、基準点や評定点などの作業もいるが、エブリディドローンは、わずらわしい準備が必要なくこのままで飛ばして現場の測量ができるという優れたものである。



・使用しているドローンは、機体重量は約3kg、飛行時間約17分、通信距離約2km、飛行方法は自動である。

・タブレットで飛行ルートを選定するとその範囲を動いて測量してくる。(写真を撮ってくる。)

・システムは、三脚の上に立っているのが、エッジボックスといって、GNSSと交信して、座標点を求めていく。エッジボックスとドローンが交信して、写真を撮る所の位置を把握して撮ってくる。

・施工でのメリットは、次の点にある。

①高速での空中写真測量が可能であること。

②データ処理や不要物除去を高速自動処理すること。

③エッジボックスが写真データを処理して点群データへと変換すること。

④その現況データをデジタル化し、前回測量データと最新測量データとを比較し、切土量・盛土量を確認することができる。

⑤飛行が準備から30分ででき、一つの取ったデータを処理するのに30分～1時間、それだけの時間でデータを作り比較できること。

⑥精度は±5cm以下に収めることができること。

⑦土がどれだけ動いたなどボリュームが確認でき、切土、盛土量の累計・本日の実績・残りが出るので、日々管理している。

ステップ4

最新のICT 建設機械

◇コンパクト トラックローダ

■コンパクトトラックローダ(CTL:ボブキャット)



- ・マシンコントロール(自動制御)である。
- ・ベースマシン(本体)とアタッチメント(写真はグレーダー:整地用)からなっている。
- ・ICTにより、自動制御で位置を取って高さを管理する。
- ・人が乗っていないくとも、ラジコン操作でも動く。
- ・刃先の制御ができ、事前に3次元の設計データを取り込んで現場に入れると、無人化でもできる。
- ・アタッチメントを替えることによって様々な作業が出来る。1台で何役もできる(整地用のグレーダアタッチメント・締固めのローラーアタッチメント・バケットで土を運ぶ・フォークリフト・草刈り機・アスファルトを削る、など120種類くらいある)。
- ・キャタピラになっているので、回転できる。

◇トータルステーションの活用

■トータルステーション



- ・ICT施工をする上で必要な各種センサ(グレードの勾配を計測するセンサ・排土板の角度を検知するセンサ・排土板の高さを見る装置など)がつながっていて、モニタに施工面が表示される。
- ・トータルステーションは自動追尾し、位置情報を重機に送って、高さを制御している。そして、今どこにいるかの認識を重機がする。
- ・設計面データを入れて、トータルステーション(自動追尾)と、このプリズムを通信させ、繋がることによって、刃先の下の位置を知らせる。
- ・例えば、設計面に対して、排土版の高さが何cmなのか、3cmとか出てくると「もう少し下げて下さい。」となる。0になったところが施工という形で施工している。

◇バックホウ

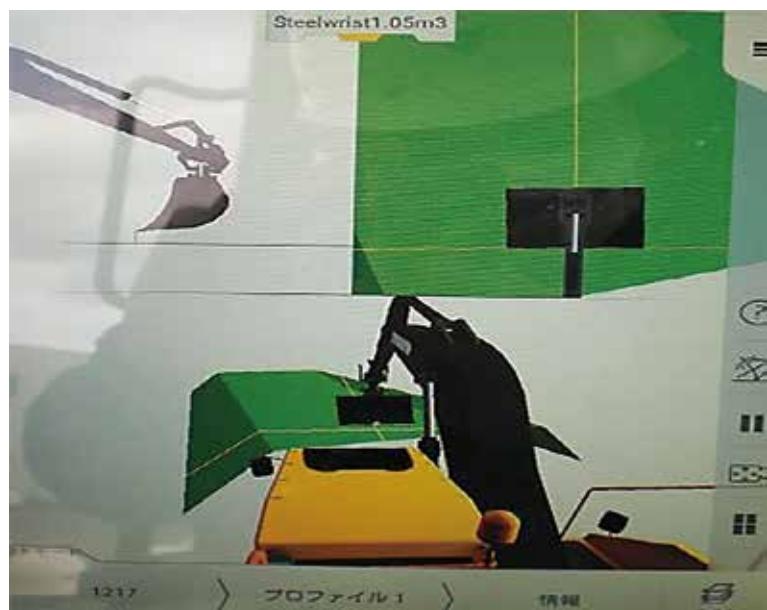
■バックホウ(ボルボ:コンマ7m³)



- ・マシンガイダンス(自動制御)、GNSSを使っている。
- ・バケットが特殊:バケットの向きを傾けたり、何回転でもさせたりできる。
- ・通常は、法面は正対して切らないときれいに切れない。このバケットは法面に正対していないくとも正対できる。重機が正対していないくとも正対できる。
- ・機械が任意に設定したところの高さを受信し、その高さに合わせて施工することが可能である。
- ・例えば、建築現場でいう床掘という作業(5mに掘って平らにする等)は、この機械があればできる。通常は、設計データを別のパソコンで作成し、重機にデータを入力しないといけない。この重機では、モニタ上で作りたい現場を作図することができる。この重機は設計データを自ら作成する。

◇バックホウのモニタ

■バックホウのモニタ画面



- ・モニタ画面には、様々な表示機能が出ている。
- ・GNSSからの位置、設計面に対して何mm下げるか、バケットを何mmさげるか、ここは敷均しができているか、衛星の数などである。
- ・オペレータは、モニタ画面で情報を得ることにより、確実性とスピード感、施工上の性能が上がる。
- ・刃先自体が測量機そのもので、自分が施工したものに当てるとき、画面上で設計データと現況の差分が出る。これが、要求された施工の範囲内であればOKである。

◇ブルドーザ

■ブルドーザ(小松製作所D31TX)



- ・マシンコントロール(自動制御)である。
- ・GNSSのアンテナをつけて、位置情報を捉えている。

- ・スイッチのオートを入れると、自動で高さと勾配が出る。排土板の傾きもわかる。
- ・オペレーターの作業負担は軽減されるし、経験が浅い人でもある程度仕上げができる。

◇ブルドーザのモニタ

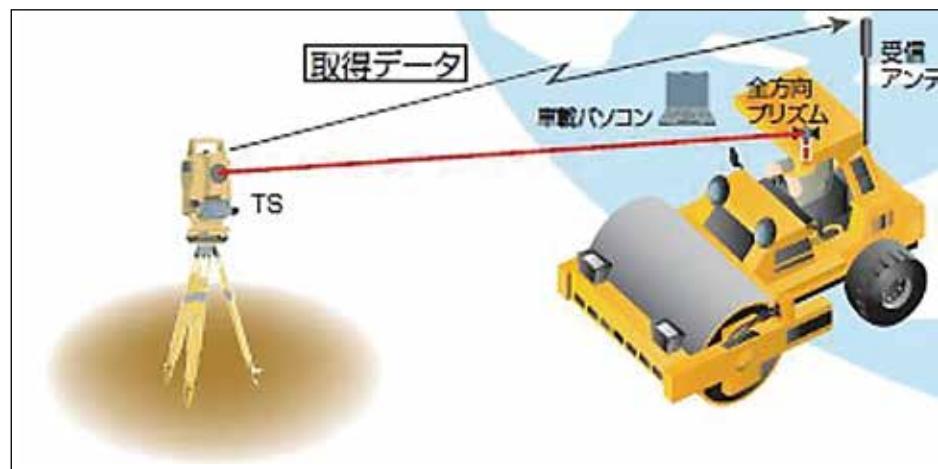
■ブルドーザのモニタ



- ・上から見たこの重機の位置情報、排土板の状態、横から見た図で3面工程の図がわかる。
- ・スイッチを入れるとGNSSの働きにより、自動で、「何mm上げる」「0.2%とか0.3%の勾配をつける。」など指示が出る。GNSSの指示通り、ゆっくり動かす。

◇転圧締固めシステム

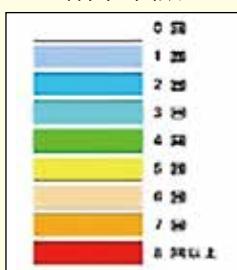
■自動追尾転圧締固め管理システム



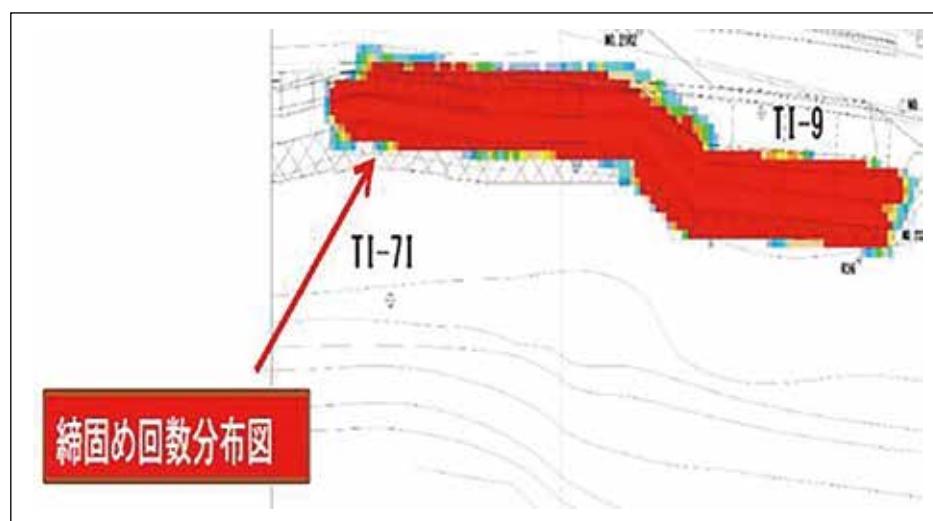
- ・追尾システムは、量と同じようにTSを利用したもの、GNSSを利用したもの、ネットワークを利用したものがいる。
- ・リアルタイムに転圧箇所ごとの回数を車載モニタに表示し、走行軌跡・回数分布図を帳票表出力できる。
- ・オペレーターの習熟度に左右されずに品質の確保ができる。

◇転圧回帳票

締固め回数



■転圧回帳票



- 重機からデータを出して事務所で帳票を作成する。

本資料は、兵庫県企業庁様、飛鳥・吉田・福井特別共同体ひょうご小野造成作業所様、西尾レントール株式会社様の協力を得て実施したものです。掲載している写真やスライドもから上記の企業・団体からの提供です。

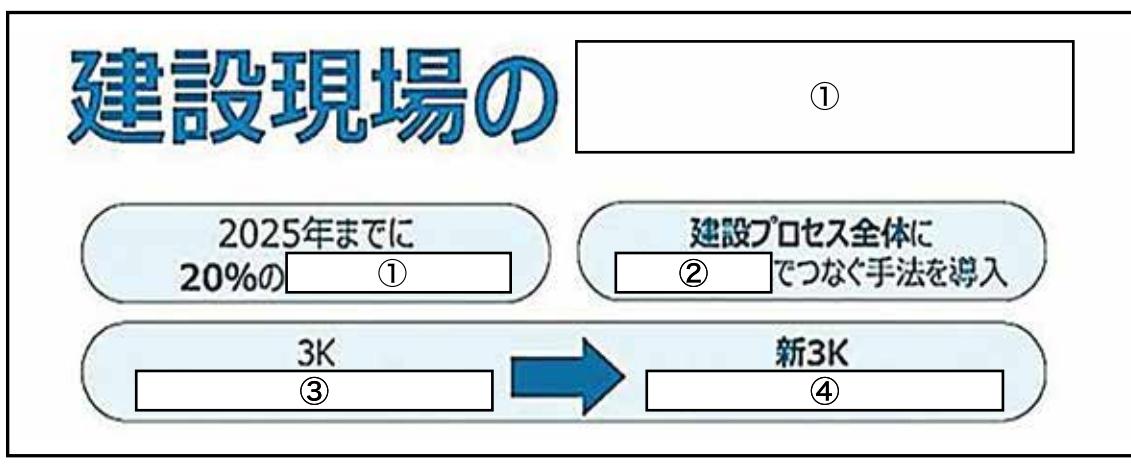
「ICT・UAV探究」

到達度確認 テスト

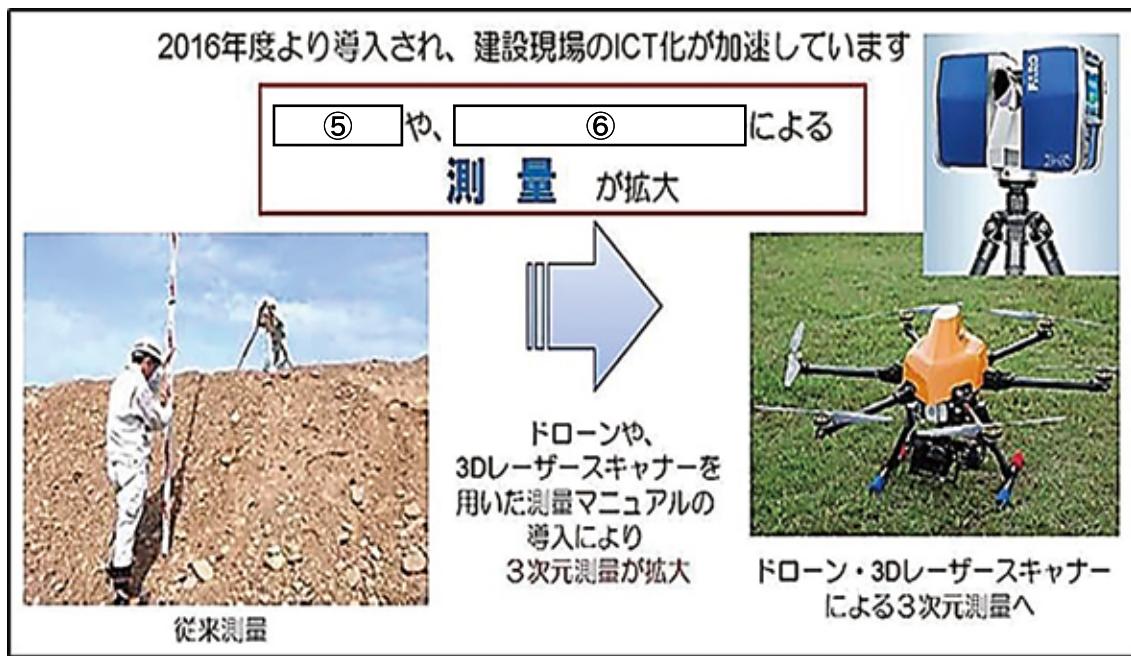
「ICT・UAV探究」到達度確認テスト

名前

- 1 次の文は、i-Constructionについて述べた図です。空欄に適切な言葉を入れなさい。



①		②	
③		④	



⑤		⑥	
---	--	---	--

2 次の文は写真測量について述べたものです。空欄に適切な言葉を入れなさい。

写真からつくる3次元測量は、2つの少し異なる写真を(①)させ、正確に一つのピントに合わせる作業が必要である。(①)は、定められた(②)により重ねていく。

これまでの測量では、「あそこは撮った、ここは撮った」と確認すると、撮れていない部分があったりして、何キロも離れた現場に撮り直しに行くということがあったが、(③)による写真測量では、全部、短時間でとれる。

①		②		③	
---	--	---	--	---	--

3 次の図を見て、問い合わせに答えなさい。



(1)この地面にあるマークを何と言いますか。

①	
---	--

(2)このマークの設置には(②)や(③)を用いる。

②		③	
---	--	---	--

4 次の文はデータ解析の途中の座標軸の入替について作業を書いたものです

UAVで測量したデータは、(①)で表示されるが、測量では(②)を使う。そのため、入れ替えて読み込む必要がある。

①		②	
---	--	---	--

5 次の文は、UAV写真測量の作業手順を示したものです。空欄に適切な言葉を入れなさい。

①計測の場所で計画を立て写真撮影をする。

②ドローンなどの無人飛行機は、国土交通省が定めた(①)がある。申請しないと上げられない場所、申請しても上げられない場所がある。

③飛行では、自動航行のアプリがあるので、それでスタートすると自動で行って返ってくる。

④多数の写真を合成するソフトの利用により半自動で合成できる。

- ⑤合成した写真から3次元の(②)を作る。
 ⑥作った(②)から面積や(③)計算をする。

①		②	
③			

6 次の文は、レーザ測量について書いたものです。空欄に適切な言葉を入れなさい。

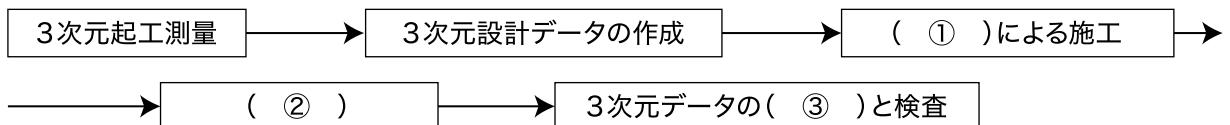
レーザスキャナの原理は、機械からレーザを連続的に発射し、その反射波により、(①)のデータが得られることで、直接に、大量に(②)データが得られる。

①		②	
---	--	---	--

7 次の文は、UAV測量とレーザ測量について述べたものです。UAV測量に関するものには「U」、レーザ測量に関するものは「レ」と記入しなさい。

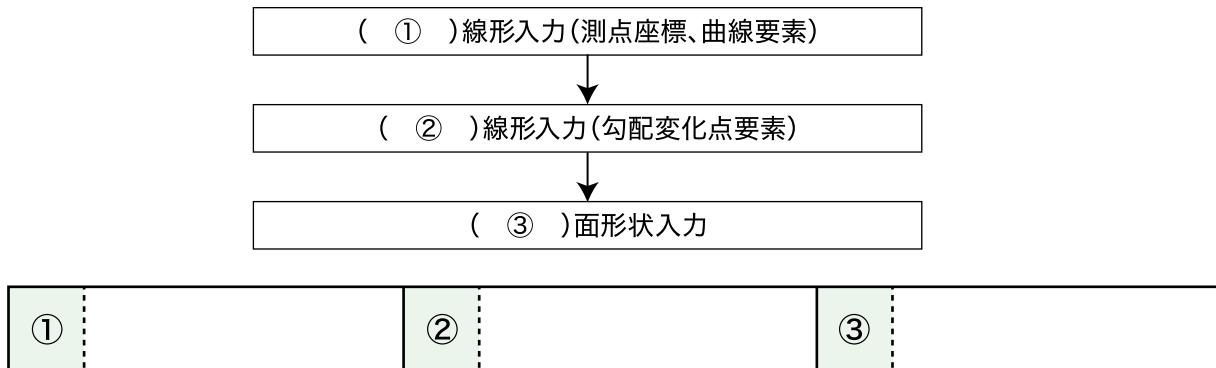
回答欄	説明
	写真ソフトによる処理が必要である。
	人が立ち入れない場所でも計測が可能である。
	水などの物質で満たされている場合は計測できない。
	短時間で高密度・高精度の3次元現況データが得られる。
	一度で広範囲の測量ができる。
	高架線や民家が隣接している場所は計測できない。

8 次の図はICT施工の流れを示したものです。空欄に適切な言葉を入れなさい。



①		②		③	
---	--	---	--	---	--

- 9 次の図は3次元設計データの作成概要を示したものです。空欄に適切な言葉を入れなさい。



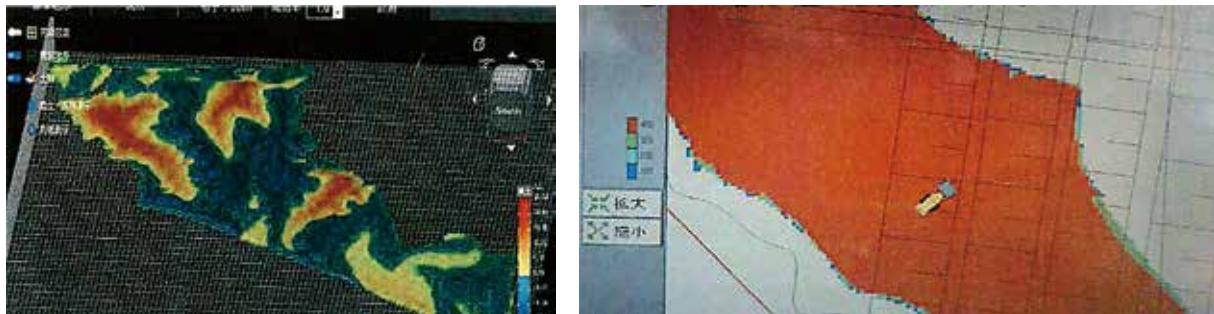
- 10 次の文は、マシンガイダンスとマシンコントロールについて書いたものです。空欄に適切な言葉を入れなさい。

マシンガイダンスは、(①)や(②)の計測技術を用いて、施工機械の位置情報・施工情報・施工状況と(③)との差異を車載モニタを通じてオペレータに提供し、操作をサポートする技術である。

マシンコントロールは、マシンガイダンス技術に施工機械の油圧制御技術を組み合わせて、(④)に従って機械を(④)する技術である。

①	②
③	④

- 11 次の写真は、マシンガイダンスやマシンコントロールでオペレータが見ている画面です。この写真の名称を書きなさい。また、活用目的を記述しなさい。



名 称	
目的	

「ICT・UAV探究」到達度確認テスト解答

【解答】

問	内 容	解 答
1	i-Constructionの概要の理解	① 生産性向上 ② 3次元データまたはICT ③ きつい、汚い、危険 ④ 給料、休日、希望 ⑤ ドローン ⑥ 3Dレーザスキャナ
2	3次元写真測量の概要	① オーバーラップ ② ラップ率 ③ ドローンまたはUAV
3	3次元写真測量の技術	① 対空標識または標定点、検証点 ② トータルステーション ③ GNSS
4	3次元起工測量のデータ解析	① 数学系座標または緯度・経度 ② 測量系座標または測量系XYZ軸
5	UAV写真測量の技術・手順	① 航空法または飛行規程 ② 点群ファイルまたは点群データ、形状復元モデル ③ 距離または高低差
6	レーザ測量の基本	① 角度と距離または対象物との相対的位置 ② 点群または3次元点群
7	UAV測量とレーザ測量の特徴	① UAV測量 ② UAV測量 ③ レーザ測量 ④ レーザ測量 ⑤ UAV測量 ⑥ UAV測量
8	ICT施工の流れ	① ICT建設機械 ② 3次元出来形管理 ③ 納品
9	3次元設計データの作成手順	① 平面 ② 縦断 ③ 横断

問	内 容	解 答
10	ICT建設機械	<p>① トータルステーション</p> <p>② GNSS</p> <p>③ 設計値または3次元設計データ</p> <p>④ 自動制御</p>
11	3次元出来形管理技術	<p>① ヒートマップ</p> <p>② 3次元設計データと出来形評価データの比較により出来形の良否を判定する。</p>

本成果物は、文部科学省の教育政策推進事業委託費による委託事業として、《学校法人誠和学院 専門学校日本工科大学校》が実施した令和2年度「専修学校による地域産業中核的人材養成事業」の成果をとりまとめたものです。

令和2年度文部科学省委託事業「専修学校による地域産業中核的人材養成事業」
～Society5.0等対応カリキュラム開発・実証～

Society5.0社会を支えるエンジニア育成事業「ICT・UAV探究」指導資料

令和3年 2月発行

発行所・連絡先

学校法人誠和学院 専門学校日本工科大学校
〒672-8001 兵庫県姫路市兼田383-22
TEL 079-246-5888 FAX 079-246-5889
<http://www.seigaku.ac.jp/>

本書の内容を無断で転記、転載することを禁じます。

