

令和4年度 ICT活用講習会(入門者クラス)

ICT建設機械

 一般社団法人 日本建設機械施工協会

情報化施工委員会 i-Construction普及WG

リーグルジャパン(株) シニアプロダクトマネージャー 橋本 靖彦

3次元ICT建設機械とは？

建設機械の作業装置の位置(X・Y)、標高(Z)をリアルタイムに取得し、3次元設計データとの差分に基づき作業装置を自動制御、及び誘導する建設機械技術全般のこと。

- 「i-Construction」においては、施工技術だけでなく、ICT建設機械(3D)より取得した「施工履歴データ」を出来高や出来形などに活用している。

ICT建設機械 2Dと3Dの比較

特徴

施工条件	2D 【参考】	3D
3次元設計データ	不要	必要
測位	不要	必要
丁張り (切り出し位置または高さ基準)	必要	不要
導入コスト	低額	高額

2Dシステム

3次元設計データを必要としない

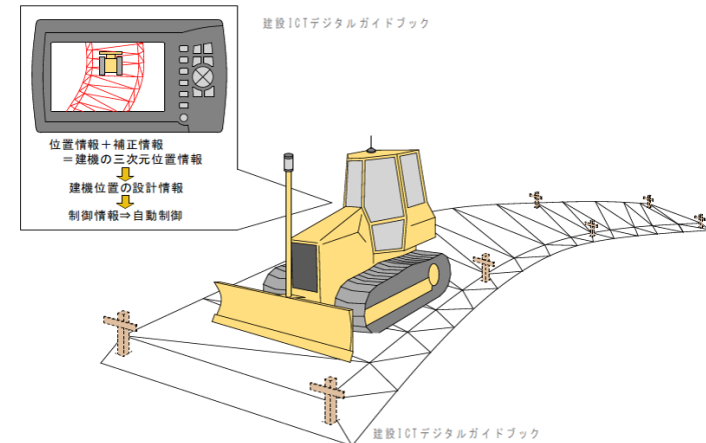
導入コストが安価で小規模から導入可能

丁張等基準となるものは必要だが手元作業員による検測等を必要としないので、旋回範囲内に人が居なくなり安全性が向上する。

3Dシステム

丁張り削減

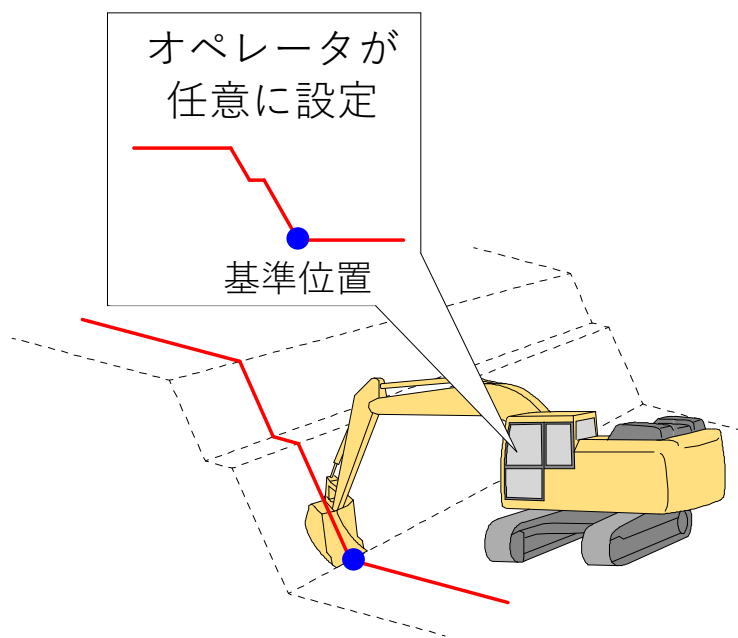
複雑な設計でも3次元設計を使用して丁張りなしで施工



ICT建設機械 2Dと3Dの比較

2Dシステム **【参考】**

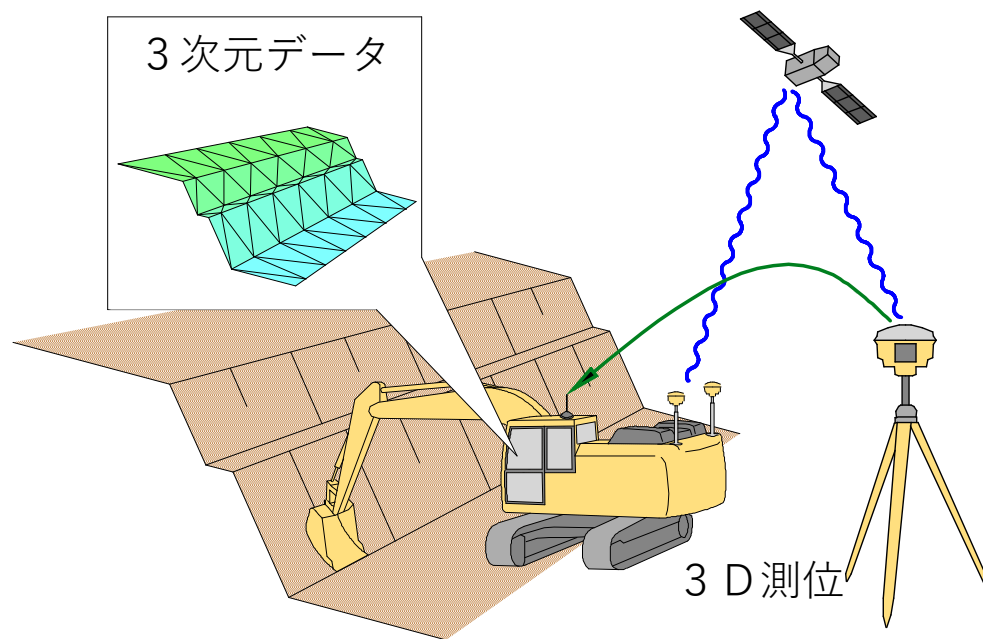
丁張や回転レーザなどの施工基準により、オペレータが任意に基準位置を定めて建機をコントロール、ガイダンスするシステム。



※ 施工基準を踏まえて、オペレータが基準位置をセット。移動毎に都度、基準位置をセットして施工。

3Dシステム

測位システムによる建機の位置情報と、3次元設計データとの位置関係から、コントロール、ガイダンスするシステム。

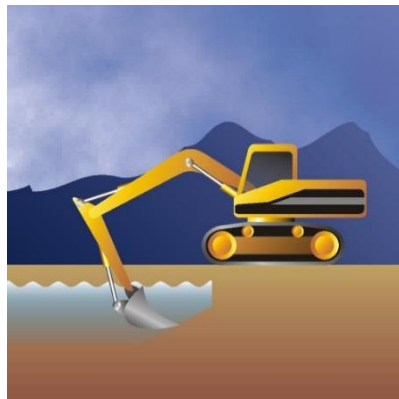


※ 3Dデータ範囲内を自由に移動しながら施工。

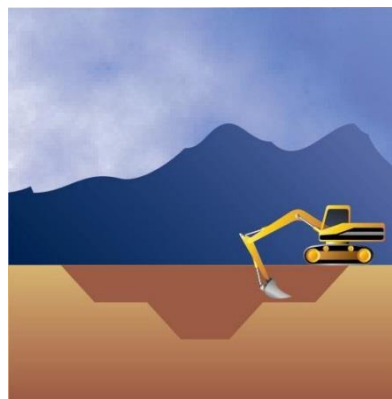
ICT建設機械 2Dと3Dの比較

【参考】

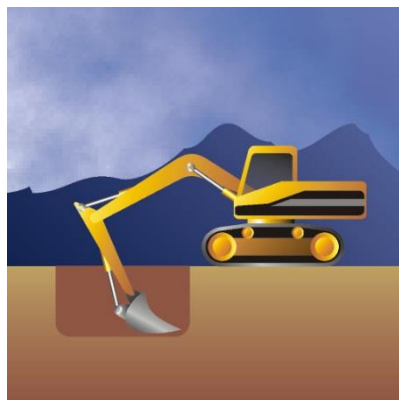
2DMGシステムの作業例：バックホウ



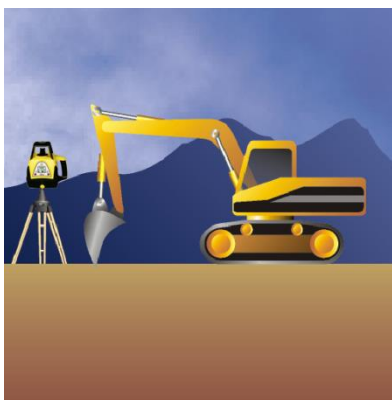
浚渫や水中等の見えない場所の掘削で深さを把握。



排水や整形等で複数断面や異なる断面を把握。



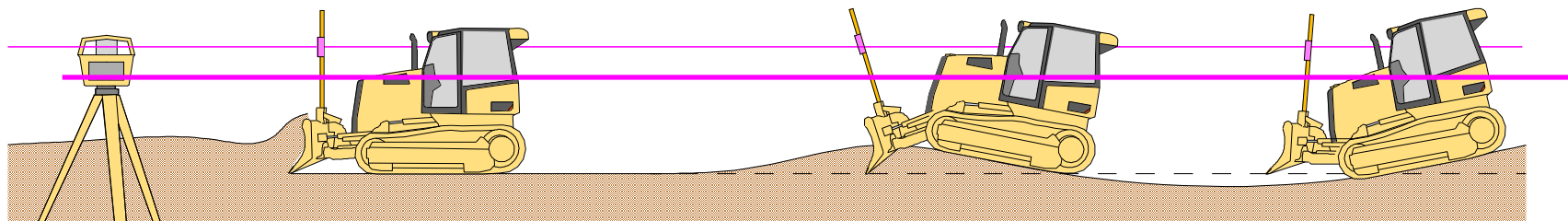
水道管、下水管等の埋設掘削の必要深さや勾配を把握。



回転レーザで高さの基準を提供。このレーザの基準面を使用して高さや勾配の精度を維持。

2DMCシステムの作業例：ブルドーザ

回転レーザ面を捕捉して排土板の角度を自動制御し、レーザ面に基づいた仕上がりを実現。

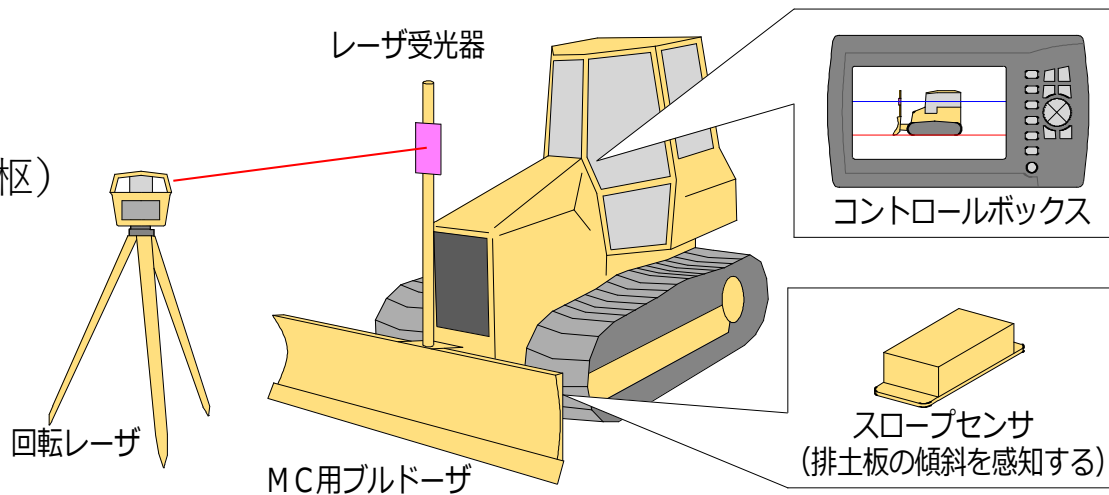


ICT建設機械 2Dと3Dの比較

・ 機器構成例「ブルドーザ」

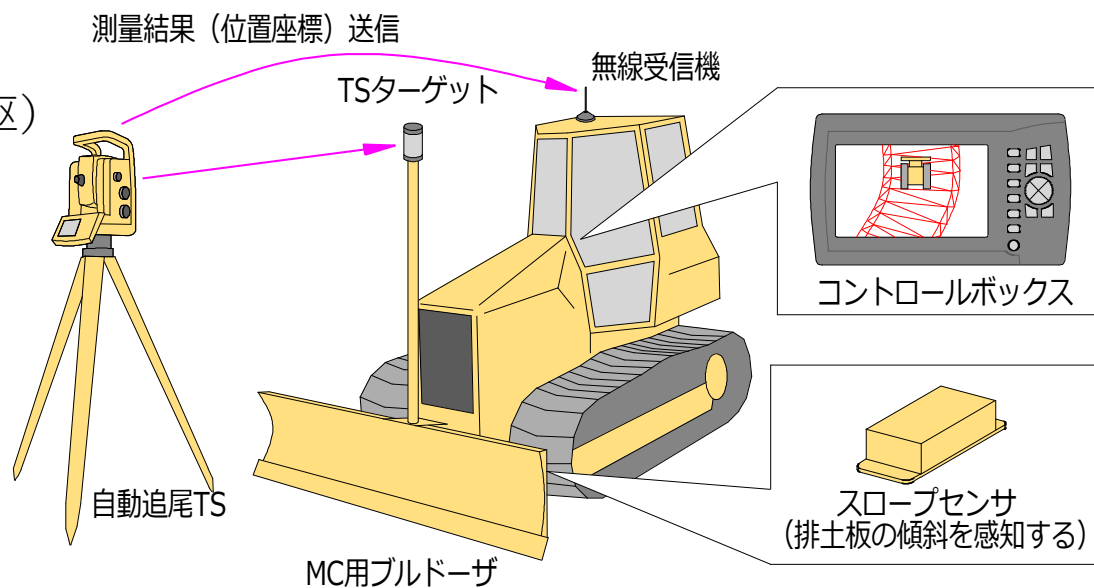
《2D》 **【参考】**

- ・ コントロールボックス（システム中枢）
モニタ、データ入力、
システムコントロール
- ・ スロープセンサ（角度センサ）
重機姿勢把握
- ・ レーザ受光器（任意）
- ・ 回転レーザー（任意）



《3D》

- ・ コントロールボックス（システム中枢）
モニタ、データ入力、
システムコントロール
- ・ スロープセンサ（角度センサ）
重機姿勢把握
- ・ 測位システム
自動追尾TS、GNSS

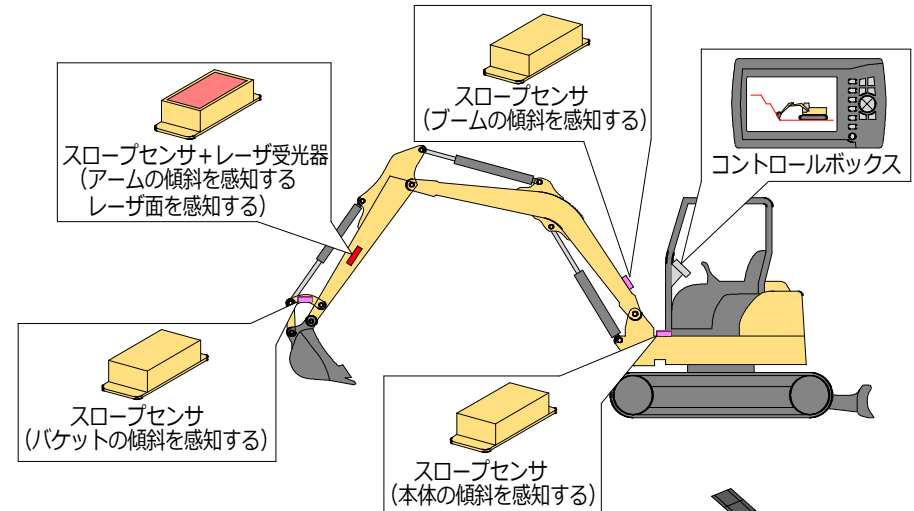


ICT建設機械 2Dと3Dの比較

・ 機器構成例「バックホウ」

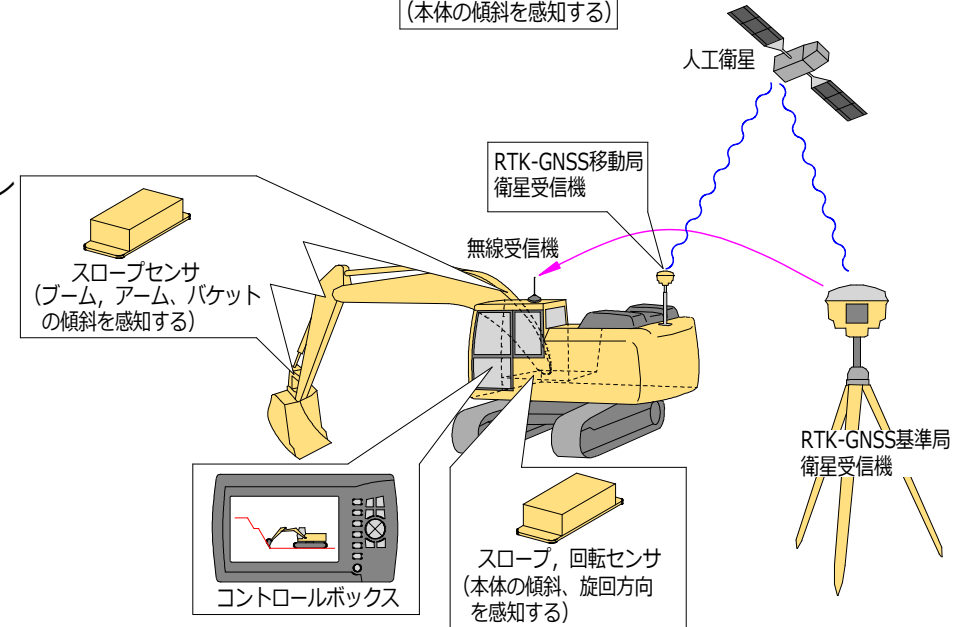
《2D》 **【参考】**

- ・ コントロールボックス (システム中枢)
モニタ、データ入力、システムコントロール
- ・ スロープセンサ (角度センサ)
重機姿勢把握
- ・ レーザ受光器 (任意)
- ・ 回転レーザー (任意)



《3D》

- ・ コントロールボックス (システム中枢)
モニタ、データ入力、システムコントロール
- ・ スロープセンサ (角度センサ)
重機姿勢把握
- ・ 測位システム
自動追尾TS、GNSS



ICT建設機械 2Dと3Dの比較

- ・ 地方自治体におけるICT活用工事の活用拡大に向けたポイント

3-2. 現場支援型モデル事業実施自治体のフォローアップ

○ 現場支援型モデル事業を実施した地方自治体のICT活用拡大の取組みについて、他の地方自治体へ情報共有を図る。

○ モデル事業により得られた効果

1. ICT活用工事の増加

・ H29実施自治体の約半数においてICT活用工事が増加

2. 土工以外へのICT活用拡大

3. 地方自治体が独自に同様のモデル事業を計画

4. ICT研修センター開設 (ICT活用の全過程を体験)

5. 見学会・データ作成講習会を随時開催



○ 31年度実施に向けた課題

1. 小規模工事(数百～数千m³)が多いなかで、ICT活用の効果を上げるための施工計画の工夫が必要。

2. ICT活用する地元建設業者から、特に施工計画段階の指導、助言の要望が多い。

○ 地方自治体におけるICT活用工事の活用拡大に向けたポイント

・ 一部の過程(例、起工測量、3D設計のみ)のICT活用であっても生産性向上の効果が見込める。

・ ICTの活用範囲、活用技術、機材選定など、工事の規模や地域特徴を踏まえて柔軟に対応。

→ 施工段階で自由度のある機材活用(2DMG、TSの活用)を行う。

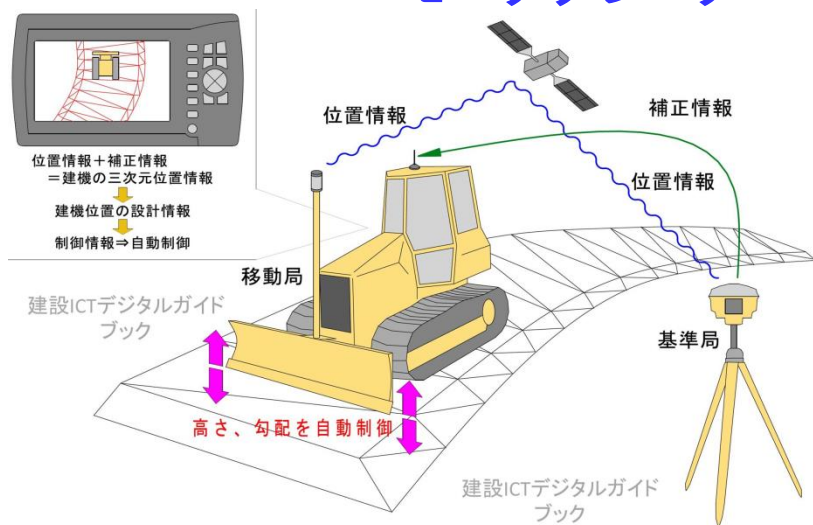
→ 起工測量から3D設計データ作成までを行い、施工計画・施工管理に活用する。

・ 国土交通省資料「ICT活用工事普及拡大の取り組み」H31.3.1より

ICT建設機械 MC・MGの特徴

MC (マシンコントロール) 適用される建設機械

- ・バックホウ
- ・ブルドーザ
- ・モータグレーダ

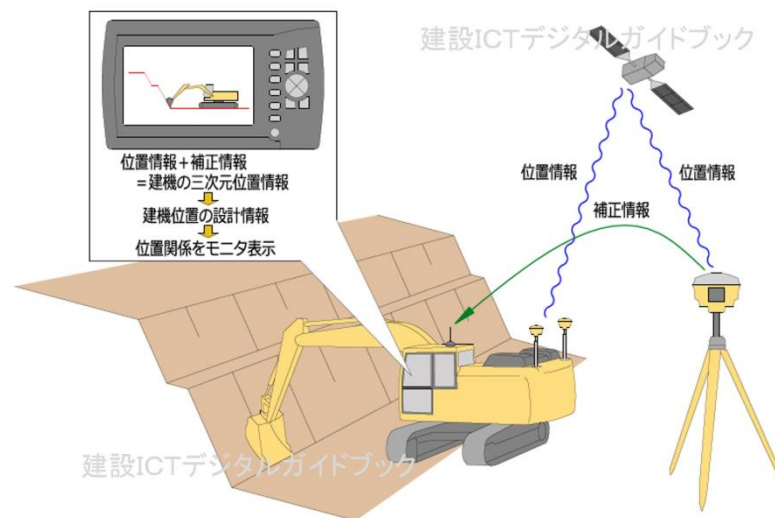


油圧を制御する！

MC技術とは、GNSSや自動追尾式のTSなどの位置計測装置を用いて建設機械の作業装置（バケット、ブレード）の位置を計測し、設計データの地盤高さと比較し、作業装置を設計データに合うように自動で制御するシステムである。

MG (マシンガイダンス) 適用される建設機械

- ・バックホウ
- ・ブルドーザ

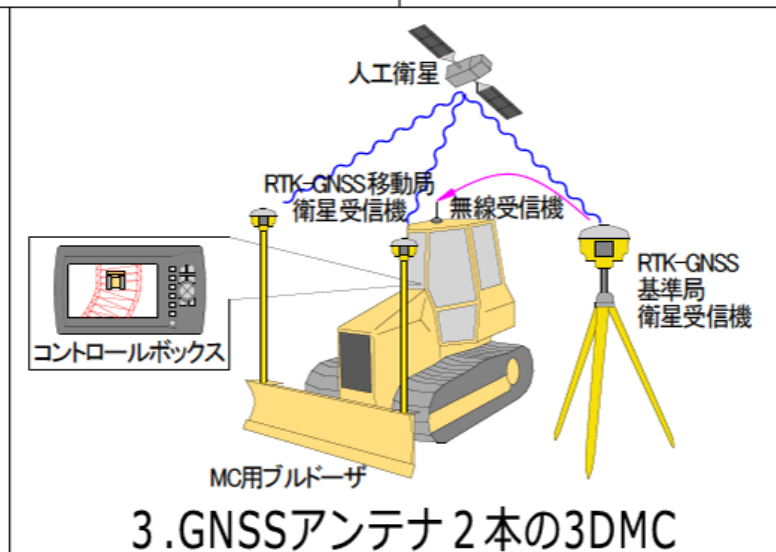
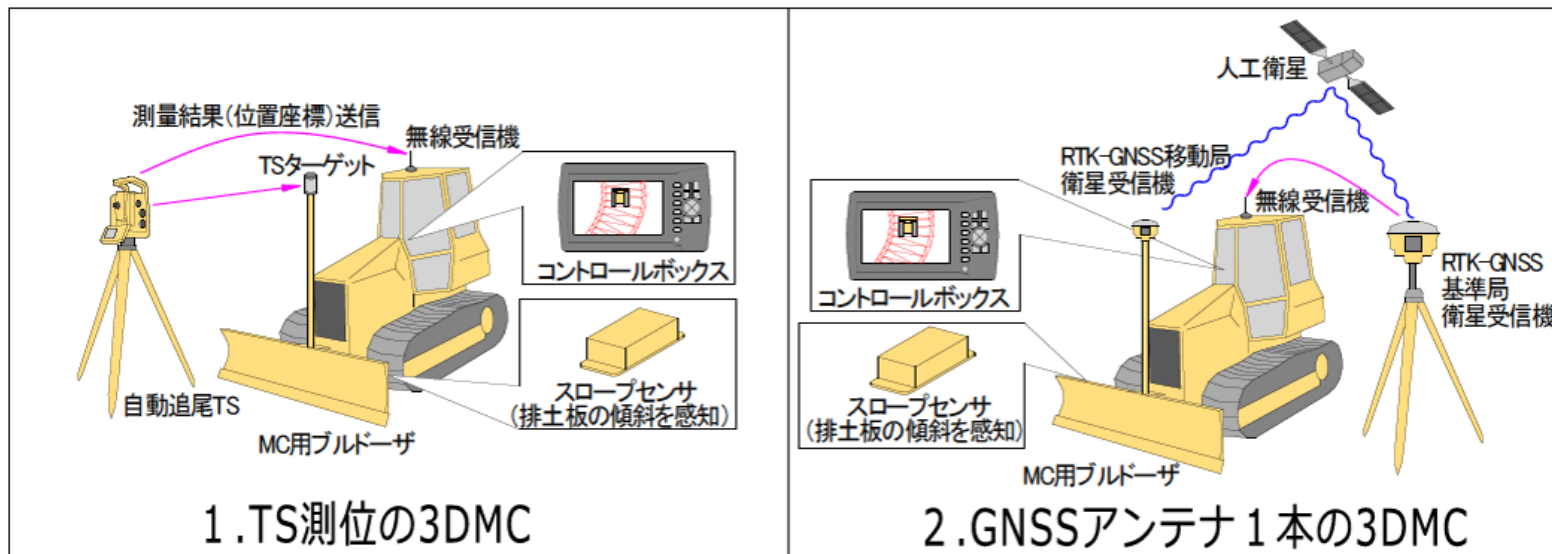


油圧を制御しない！

MG技術とは、GNSSや自動追尾式TSなどの位置計測装置を用いて建設機械の作業装置の位置を計測し、設計データの地盤高さと比較し、差分をオペレータへモニター表示等により提供するシステムである。

ICT建設機械 MC・MGの機器構成

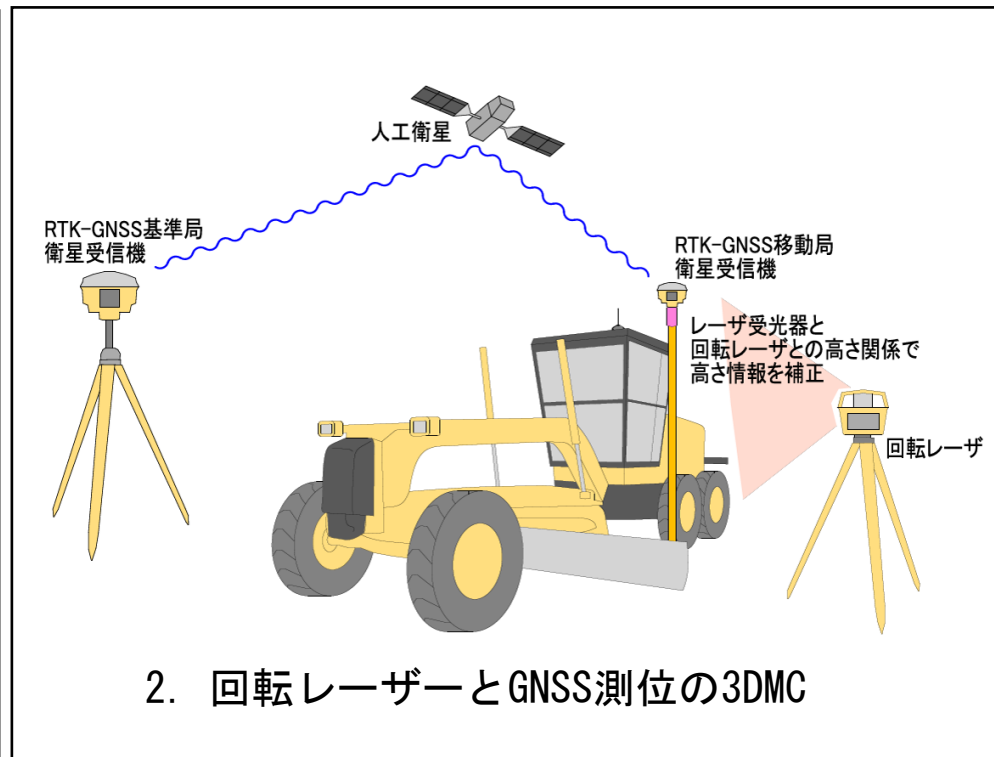
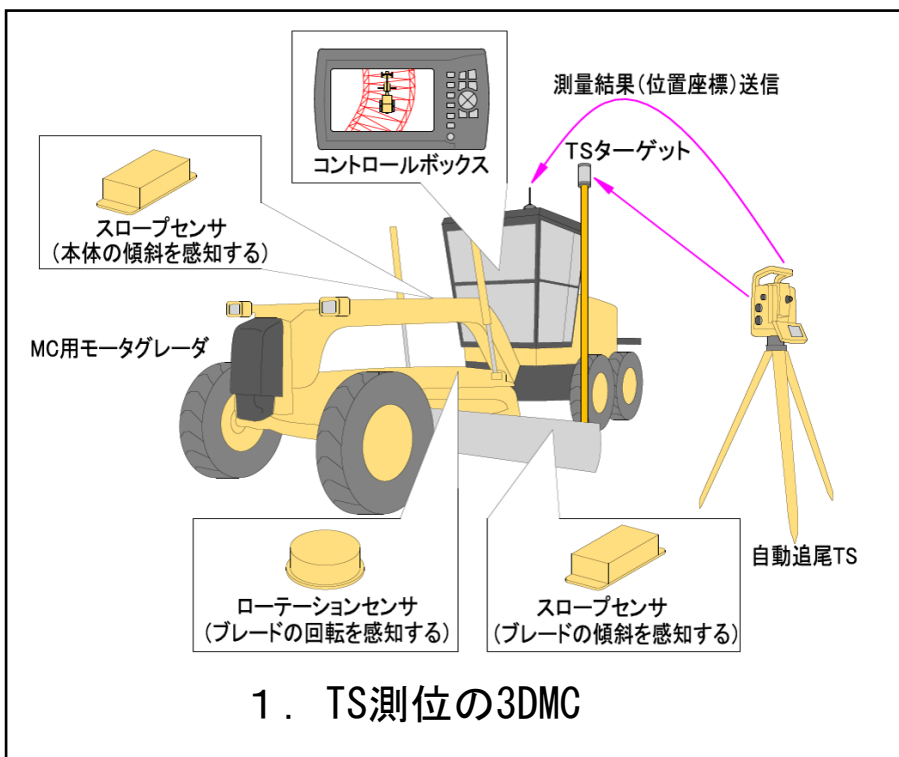
・ブルドーザー



設計データ上の現在位置からブレードの目標高さを計算し、自動で油圧を制御して作業装置を動作させている。

- ・高さ制御
- ・勾配制御

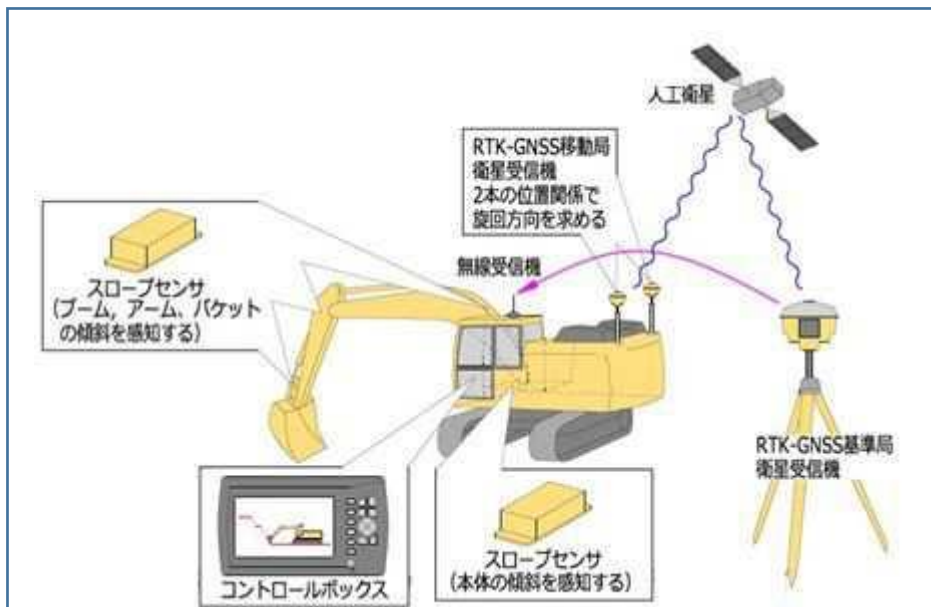
・モーターグレーダ



設計データ上の現在位置からブレードの目標高さを計算し、自動で油圧を制御して作業装置を動作させている。

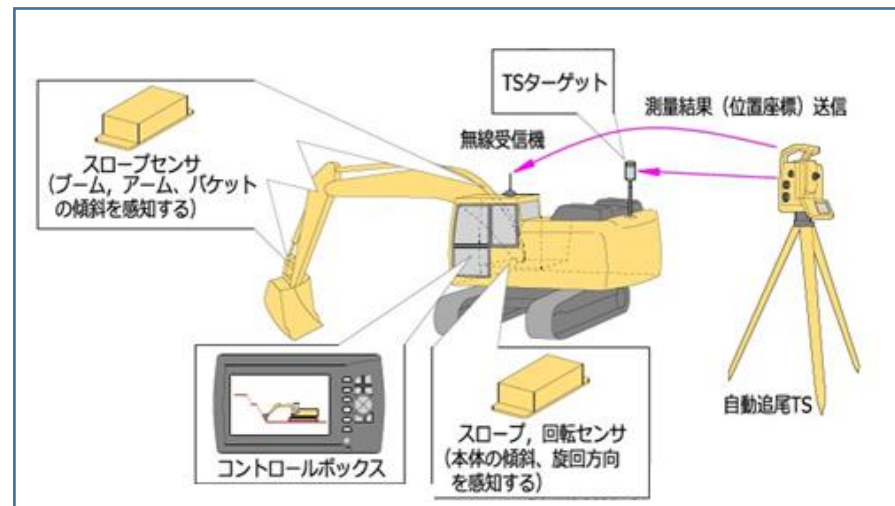
- ・高さ制御
- ・勾配制御

・バックホウ



バックホウ本体にGNSS受信機を2台取付け、アンテナの位置関係で旋回時の方向を求める。

1. GNSS測位の3DMG・3DMC



バックホウ本体にTSターゲットを取り付けて自動追尾TS測位で重機の位置を求める。作業位置へ移動後、作業開始前にTS計測しながら旋回して施工範囲を初期設定する。重機が走行した場合は同様に初期設定する必要がある。

2. TS測位の3DMG・3DMC

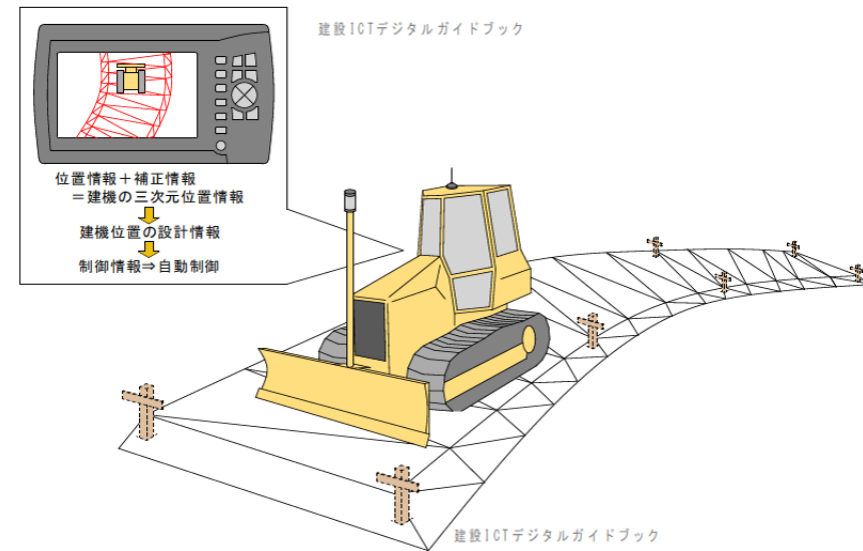
路体・路床・路盤整正工

- ・ 計画高さの確認に有効であり
高精度な仕上がりが可能
- ・ 丁張を削減
- ・ 検測作業の削減により、
作業効率と安全性の向上
- ・ 重機付近での周囲作業員の削減



法面整形工（ゆるやかな面）

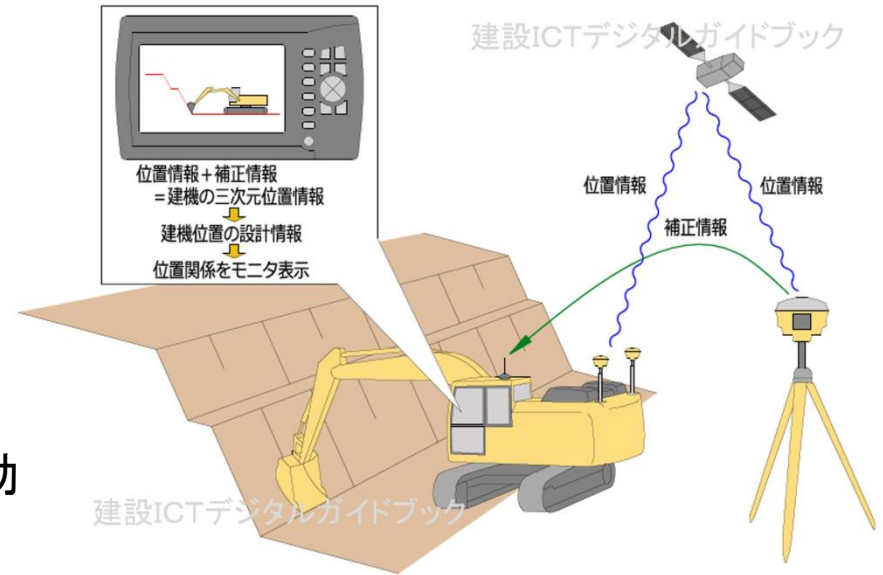
- ・ 傾斜角度が水平面に対してゆるやかな勾配であればブルドーザーでの法面整形も可能。



(バックホウ)

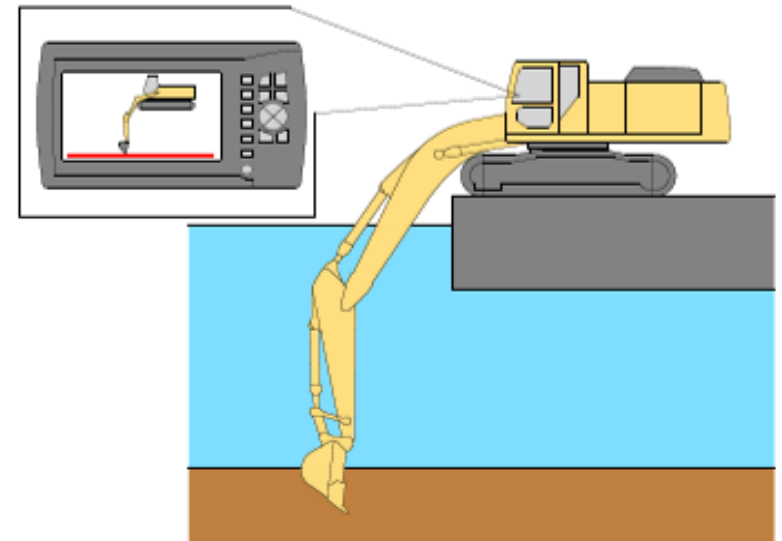
掘削工・法面整形工

- ・ 切り出し位置の確認に有効
- ・ 法勾配の丁張を削減
- ・ 検測作業の削減により、作業効率と安全性の向上
- ・ 設計変更にも迅速に対応可能
- ・ 掘削箇所が直視できない掘削に有効



浚渫工事

- ・ 目視出来ない作業でもバケットの状態をリアルタイムにかつ正確に把握
- ・ 作業箇所のマーキングにより、効率的な作業を実現
- ・ 耐水、耐振動の機器システムのため、破碎アタッチメントの作業も可能
- ・ 出来形の均一化による余掘り量の低減



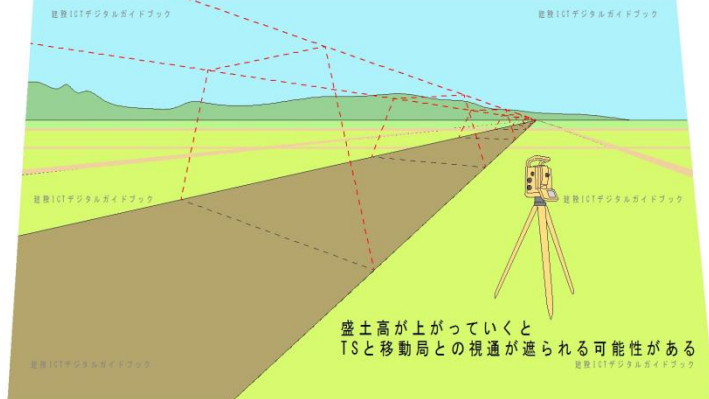
MC・MGの利用における留意点（GNSSを利用の場合）

MG・MCでGNSSを使用するに当たり、以下の点に注意しなければならない。

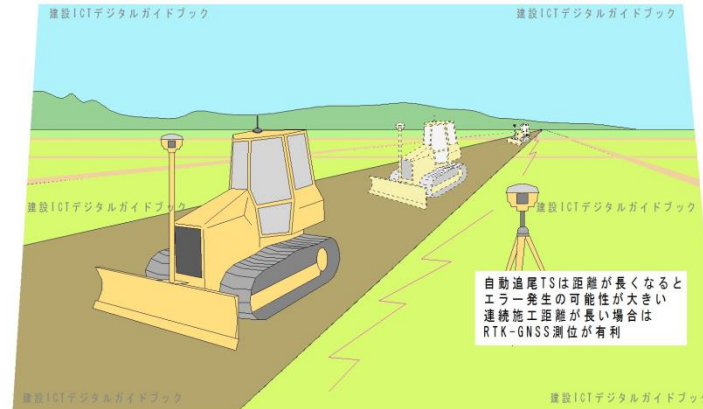
<p>トンネル、高架橋の下</p> <p>建設ICTデジタルガイドブック</p>	<p>送電線等の下は衛星電波が安定しない場合がある</p> <p>建設ICTデジタルガイドブック</p>	<p>同様のシステムがすでに稼働して無線が重複する場合</p> <p>建設ICTデジタルガイドブック</p>
<p>上空視界が狭い場合</p> <p>建設ICTデジタルガイドブック</p>	<p>建造物やがけ面があり衛星電波が反射する場合（マルチパス）</p> <p>建設ICTデジタルガイドブック</p>	<p>無線通信障害発生の可能性のある場合</p> <p>建設ICTデジタルガイドブック</p>

MC・MGの利用における留意点（TSを利用の場合）

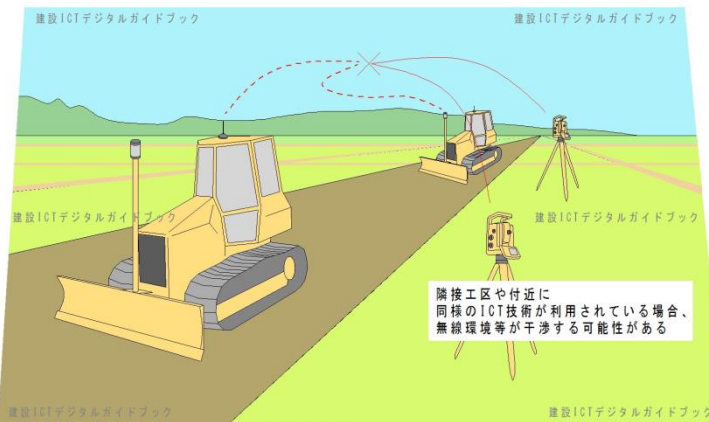
MG・MCでTSを使用するに当たり、以下の点に注意しなければならない。



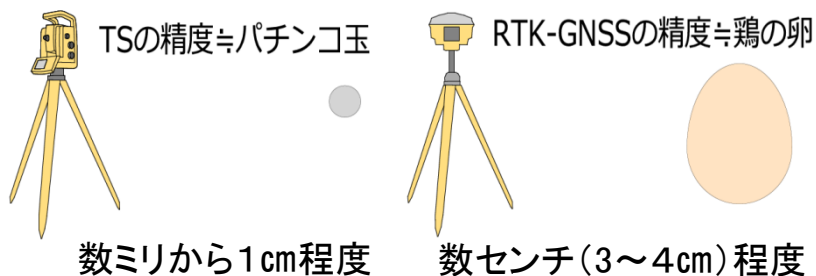
施工面と設置したTSの高さの確認。



施工延長が長い連続的な施工時のTS設置。

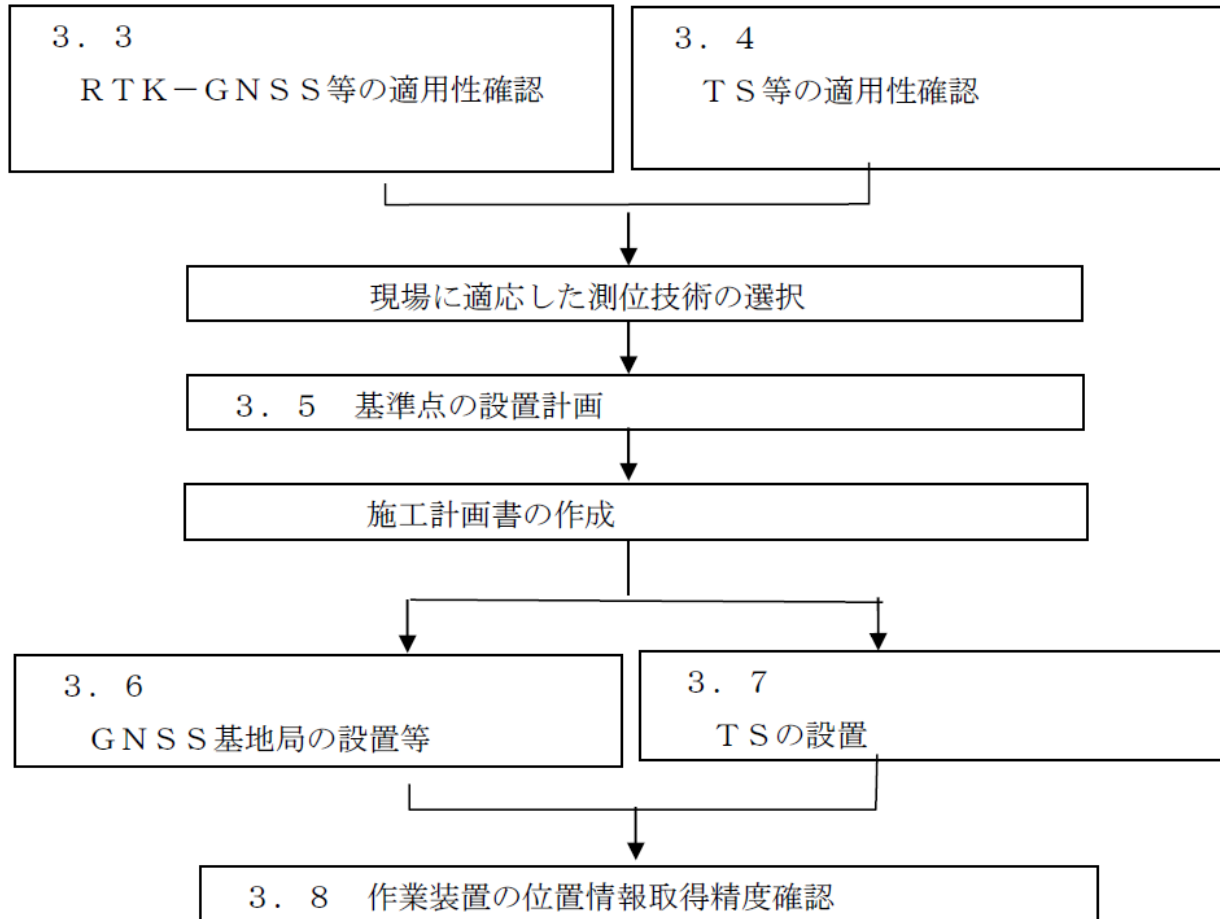


隣接工事とのICT環境の確認。



測位精度を確認し、適切な機材選定。

精度確認に向けた作業の流れ



ICT 建設機械の性能として、作業装置の位置（高さ）の取得精度が、**±50mm**（「施工管理基準」で規定される規格値）以下を目安とすることが望ましい。

目的

ICT 施工において、施工機械等から発生する「**施工履歴データ**」を用いた**出来高・出来形管理**を実施するにあたり、必要となる精度確認手法の明確化を目的とする。

適用範囲

河川土工工事：河道掘削工（浚渫、水中掘削を含む）・敷均し工・築堤盛土工
 道路土工工事：造成工・掘削工・敷均し工
 砂防工事：斜面对策工・掘削工・敷均し工、（無人化施工）
 災害復旧工事：掘削工・土砂型枠工、（無人化施工）
 その他：大規模土工・急速施工・付帯道路工・小規模土工

ICT建設機械から提供される情報（例）

機能		情報※1
三次元データ保存機能		三次元設計データ
電子丁張り情報提供		平面
		断面形状
本体の位置情報提供	移動操作支援	設計上の位置(X.Y.Z)
作業装置の情報提供	作業装置の操作支援	設計と作業装置の位置との標高差分値

※1 上表に示す情報が全て1つの画面から提供されるものではない。

1. 2 適用の範囲

本要領(案)の適用範囲は、ICT建設機械による施工を実施する場合に適用する。

【解説】

ICT建設機械は一般的な施工で活用されるが、本要領(案)では「施工履歴データ」を用いた出来高・出来形管理を適用する際の適用条件についてとりまとめる。

※ICT建設機械 精度確認要領 (H31.3) から抜粋

ICT土工等については、当該要領を準用する。

- ・ 準用する旨を施工計画書に記載する事が望ましい
- ・ 準用・適用については、整備局単位で異なる場合があるので要確認

※詳細については監督職員との協議の上、進めること

バックホウ作業装置の位置精度の確認

バックホウにおける作業装置の位置の精度確認は、現場条件に合わせて、次の①か②のいずれかの方法で行う。

①システムから提供される作業装置の位置とTS計測による較差

作業装置の位置精度のバックホウ姿勢例



作業装置の位置の確認条件【例】

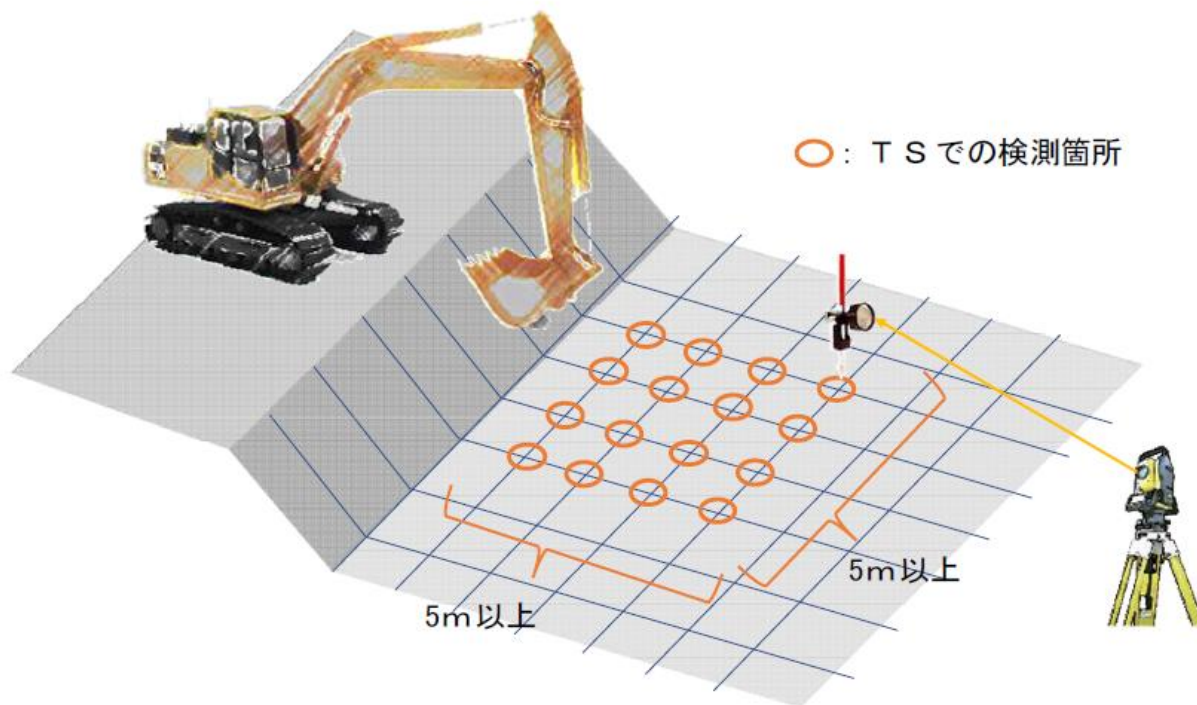
	バケット標高位置	バケット角度	バケット距離	バックホウ姿勢	上部旋回体向き	備考
ケース 1	0m	0度	近距離	水平	正面	比較基本姿勢
ケース 2	0m	60度	近距離	水平	正面	バケット角度
ケース 3	1.5m	0度	近距離	水平	正面	バケット高さ
ケース 4	0m	0度	遠距離	水平	正面	バケット距離
ケース 5	0m	0度	近距離	7.5度	正面	バックホウ姿勢
ケース 6	0m	0度	近距離	水平	90度	旋回体向き
ケース 7	0m	0度	遠距離	水平	90度	

※パラメータの数値は、任意に設定してもよい。

バックホウ作業装置の位置精度の確認

② テスト作業による検測

テスト作業で整形する範囲は 5m×5m 以上とし、TSでの検測はテスト範囲内で 16点以上とする

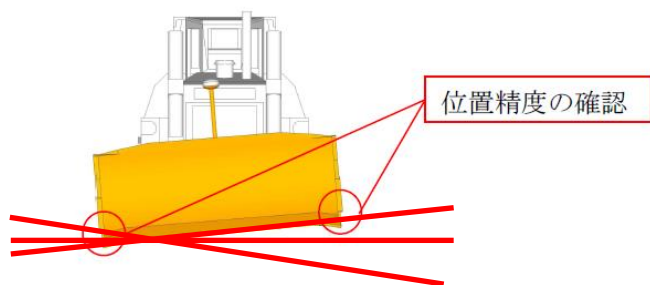


テスト作業による検測例

ブルドーザ作業装置の位置精度の確認

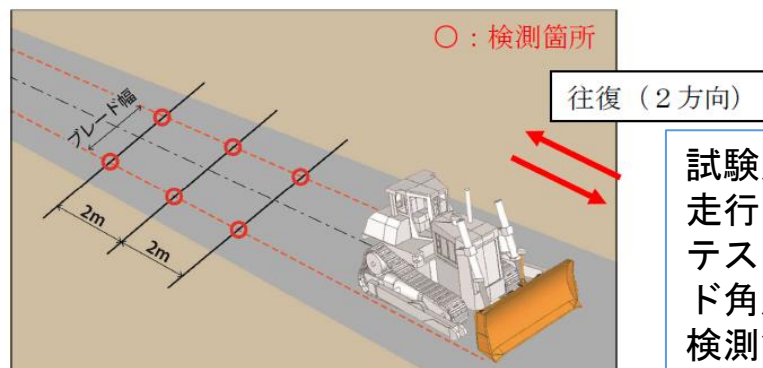
ブルドーザにおける作業装置の位置の精度確認は、現場条件に合わせて、次の①か②のいずれかの方法で行う。

①システムから提供される作業装置の位置とTS計測による較差



作業装置の位置とTS計測によるブレード位置の較差を算出し、全て条件における較差が標高で $\pm 50\text{mm}$ 以内であることを確認する。
計測は、ブルドーザの作業装置を3パターン異なる姿勢（作業装置角度）とし、座標の計測を行う。
3パターンにて作業装置両端（6箇所）以上とする。

②テスト作業による検測



テスト走行による検測の例

試験用データをシステムに搭載したICTブルドーザを走行し、ブレードの左右端の2点以上を検測する。
テスト走行は、異なる2方向（例えば逆向き）でブレード角度を変えて実施する。
検測箇所は、2方向の走行を含めて、延べ12箇所以上とする。

日常における位置精度の確認

日々の精度確認は以下のチェック項目に従い実施のこと ※対象技術【例】：ブルドーザ

日常点検のチェック項目（対象技術；ICTブルドーザ）

対象項目	確認箇所	チェック実施日		年 月 日		年 月 日		年 月 日		年 月 日		
		確認者	印	印	印	印	印	印	印	印		
		内 容	チェック結果	チェック結果	チェック結果	チェック結果	チェック結果	チェック結果	チェック結果	チェック結果	チェック結果	
1) GNSS または TS	・基準局	・ブラケット(ねじ)の緩みはないか？										
		・アンテナ, マストの変形はないか？										
		・正しく起動しているか？ (電力供給, バッテリ充電量)										
		・無線装置は正しく起動しているか？ (電力供給, バッテリ充電量)										
2) GNSS または TS	・ブレード部	・ブラケット(ねじ)の緩みはないか？										
		・アンテナ, マストの変形はないか？										
3) センサ	・ブレード部	・ブラケット(ねじ)の緩みはないか？ ・センサの変形はないか？										
4) ケーブル	・ブレード～本体等	・ケーブルの緩みはないか？ ・ケーブルの損傷はないか？										
5) データ 確認	既知点	・測定較差が規格値以内か？	ブルドーザ	較差	ブルドーザ	較差	ブルドーザ	較差	ブルドーザ	較差	ブルドーザ	較差
	・X座標											
	・Y座標											
	・標高											
	規格値		確認		確認		確認		確認		確認	

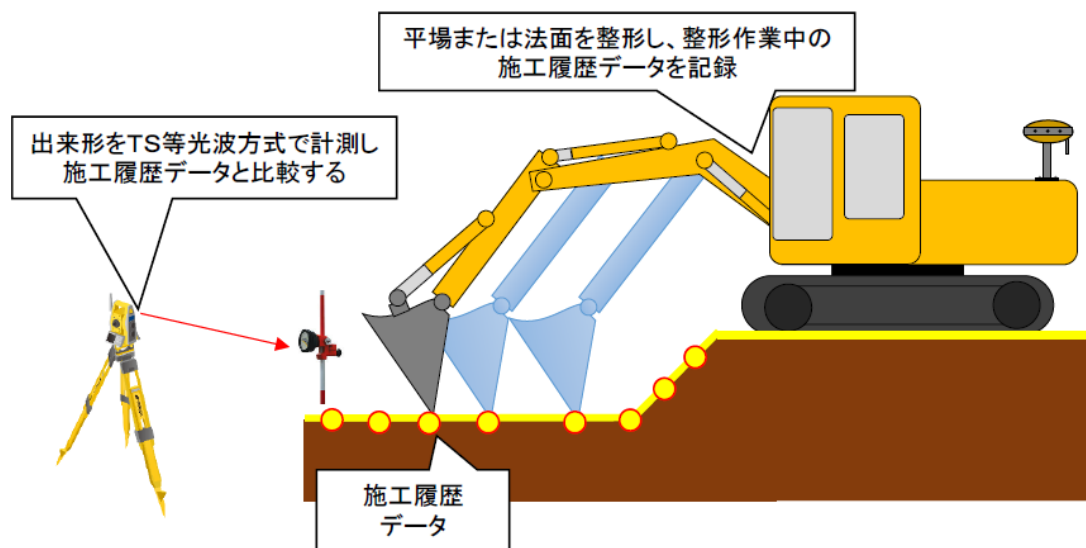
※各チェック項目について、チェック結果欄に“○”と記すこと。

※ICT建設機械 精度確認要領（H31.3）から抜粋

施工履歴データの精度確認試験実施手順

施工前に、ICT建設機械によるテスト作業を行い、施工履歴データの測定精度を確認する。確認は下記の①および②の方法によって行う。精度確認結果は、様式 2-14 に従って記録する。

①実際に掘削整形作業、締固め作業を行う方法



本施工を実施する前に、実際に掘削整形作業を行い、施工履歴データを取得する。ICTバックホウより取得した施工履歴データと真値（真値はTS等光波方式で計測）を比較し、真値との差異を確認する。この試験は、施工対象現場の条件を踏まえて、平場または法面において実施する。この試験は、本施工区間の一部で実施してもよい。試験施工を実施する範囲（広さ）については任意とするが、実施範囲内で1m以上の離隔をもってTS等光波方式で計測した点を配置できるような範囲（広さ）で実施すること。検測箇所は16箇所以上とする。

施工履歴データの精度確認試験実施手順

施工前に、ICT建設機械によるテスト作業を行い、施工履歴データの測定精度を確認する。確認は下記の①および②の方法によって行う。精度確認結果は、様式2-14に従って記録する。

② ICT建設機械の作業装置位置を計測する方法

作業装置の位置精度のバックホウ姿勢例



作業装置の位置の確認条件【例】

	バケット標高位置	バケット角度	バケット距離	バックホウ姿勢	上部旋回体向き	備考
ケース 1	0m	0度	近距離	水平	正面	比較基本姿勢
ケース 2	0m	60度	近距離	水平	正面	バケット角度
ケース 3	1.5m	0度	近距離	水平	正面	バケット高さ
ケース 4	0m	0度	遠距離	水平	正面	バケット距離
ケース 5	0m	0度	近距離	7.5度	正面	バックホウ姿勢
ケース 6	0m	0度	近距離	水平	90度	旋回体向き
ケース 7	0m	0度	遠距離	水平	90度	

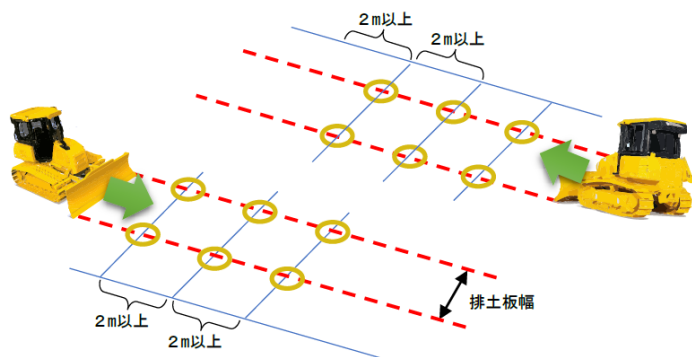
※パラメータの数値は、任意に設定してもよい。

施工履歴データの精度確認試験実施手順

ICTブルドーザーとICTローラの

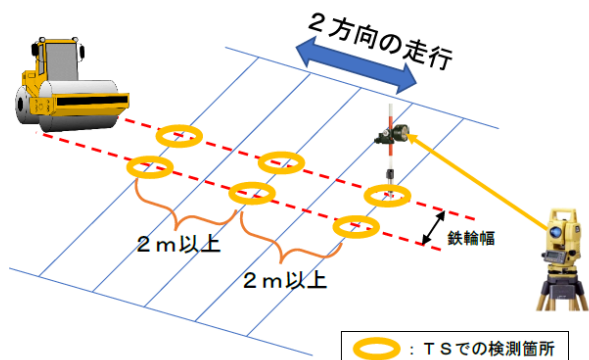
①実際に掘削整形作業、締固め作業を行う方法

ICTブルドーザーの実実施手順



ICTブルドーザより取得した施工履歴データと真値（真値はTS等光波方式で計測）を比較し、真値との差異を確認する。TSの計測点は、ブルドーザによる作業実施後、排土板下端の左右端点付近、または履帯下面の左右端点が通過したライン付近に設定する。この試験は、施工対象現場の条件を踏まえて、平場または法面において実施する。この試験は、本施工区間の一部で実施してもよい。試験施工を実施する範囲（広さ）については任意とする。検測箇所は、2方向の走行を含めて、延べ12箇所以上とする。

ICTローラの実実施手順



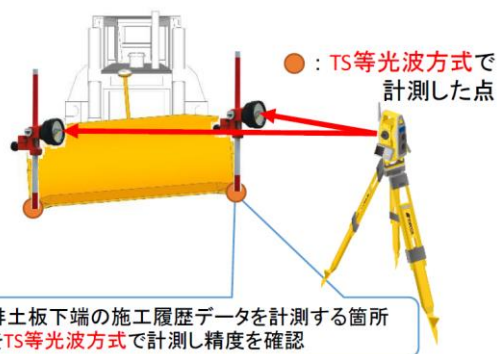
ICTローラより取得した施工履歴データと真値（真値はTS等光波方式で計測）を比較し、真値との差異を確認する。この試験は、施工対象現場の条件を踏まえて、使用現場において最も傾斜が大きい場所で行う。この試験は、本施工区間の一部で実施してもよい。試験施工を実施する範囲（広さ）については任意とするが、検測箇所は左右鉄輪接地点付近とする。検測箇所は、前進および後進の走行を対象に、延べ12箇所以上とする。

施工履歴データの精度確認試験実施手順

ICTブルドーザーとICTローラの

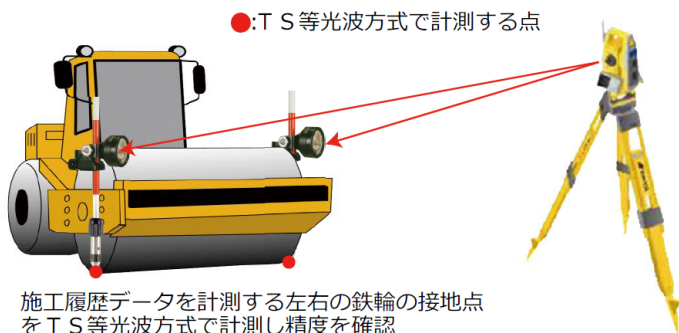
② ICT建設機械の作業装置位置を計測する方法

ICTブルドーザの実実施手順



ICTブルドーザから提供される排土板下端（左右端部）または履帯下面（左右端部）の位置とTS等光波方式の計測による計測結果との較差を算出し、水平位置及び標高（ Δx , Δy , Δz ）で $\pm 50\text{mm}$ 以内であることを確認する。計測は、排土板については3ケースの異なる姿勢（排土板の角度）で実施する。履帯下面については3ケースで実施する。各ケースについて、施工履歴を記録する点（排土板または履帯下面の施工履歴データを記録する箇所）を左右各1点ずつ計測する。

ICTローラの実実施手順



MGローラから提供される左右鉄輪接地点とTS等光波方式の計測による計測結果との較差を算出し、水平位置及び標高（ Δx , Δy , Δz ）全てで $\pm 50\text{mm}$ 以内であることを確認する。計測は、MGローラの縦断勾配が施工対象現場の設計形状から最大の傾斜を読み取り、MGローラのピッチング角が最大傾斜と同等程度となる場所に設置したケース、ローリング角が最大傾斜と同等程度となるように設置したケース、および平坦に近い状態で設置したケースの3ケースについて実施する。

認定制度の概要

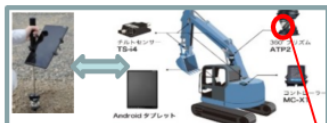
- ICT施工の中小企業等への普及を加速させるため、従来の建設機械に後付けで装着する機器を含め必要な機能等を有する建設機械及び装置群を認定する制度
- 認定を受けることで、現場で受発注者がICT建設機械等であることを容易に相互に理解することができるようになる。

■主なICT建設機械

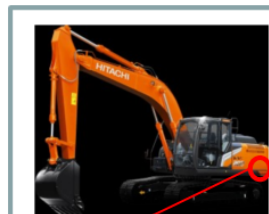
ICTバックホウ



ICT振動ローラ



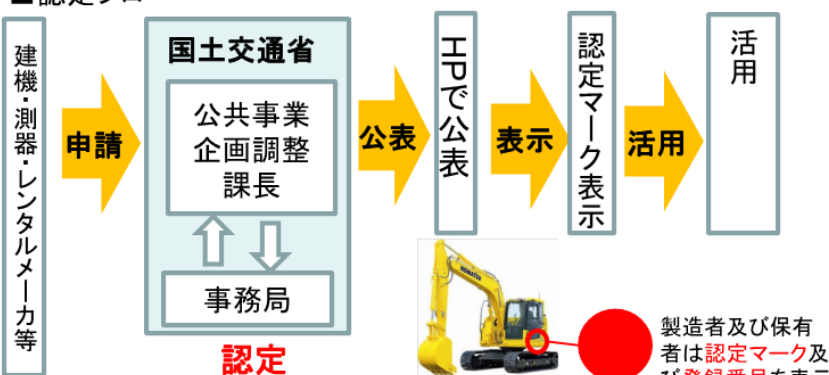
ICT後付け機器認定イメージ



ICT建機認定イメージ

【ICT建機認定イメージ】

■認定フロー



■認定・届出項目 が認定項目(案)

メーカー名	開発メーカー名称
機種名	バックホウ、ブルドーザ、振動ローラ等の機種名
型式	建設機械の型式
仕様	バケット容量、ブレード幅、ローラ幅など
定格出力(KW)	原動機又は原動機の定格出力
測位方式	建設機械の測位方式
測位精度 (cm)	水平精度、高さ精度、測位サイクル (HZ)
機械質量(kg)	標準装備品一式を装備し実作業可能な状態での質量
販売年月(西暦)	販売開始年月 (西暦)
年間出荷台数	販売からの累計出荷台数
標準価格(万円)	標準付属品を装備した国内の標準価格

製造者及び保有者は認定マーク及び登録番号を表示
(マークのデザインは検討中)

新たなICT建設機械（中小規模現場向けMC/MGシステム）

BHブレードMCは、車体の位置を検出し、3D設計データで示された整地高さ・傾きに合わせてブレードを自動で制御するもので、オペレータは走行操作を行うだけで高精度な整地作業が可能。

通常の上下動作に加え、ブルドーザのようにチルト、アングル動作も可能としたブレード（排土板）のこと。整地作業を効果的に行うことができる。



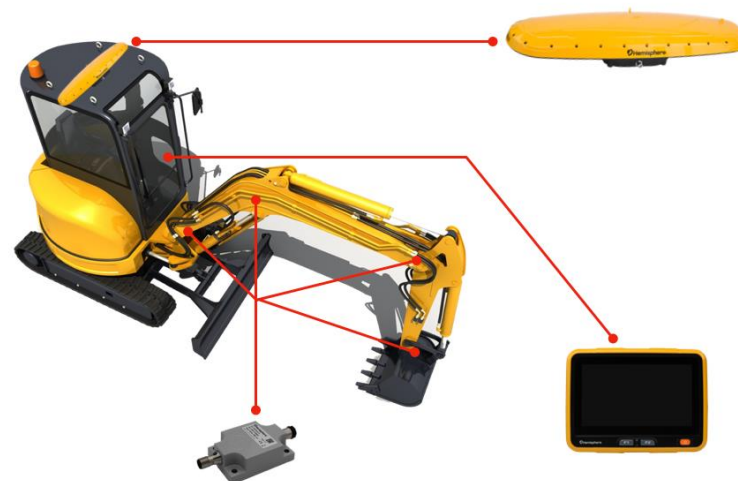
中小規模現場向け
BHブレードマシンコントロールシステム
日立建機、アクティオ社参照

新たなICT建設機械（中小規模現場向けMC/MGシステム）

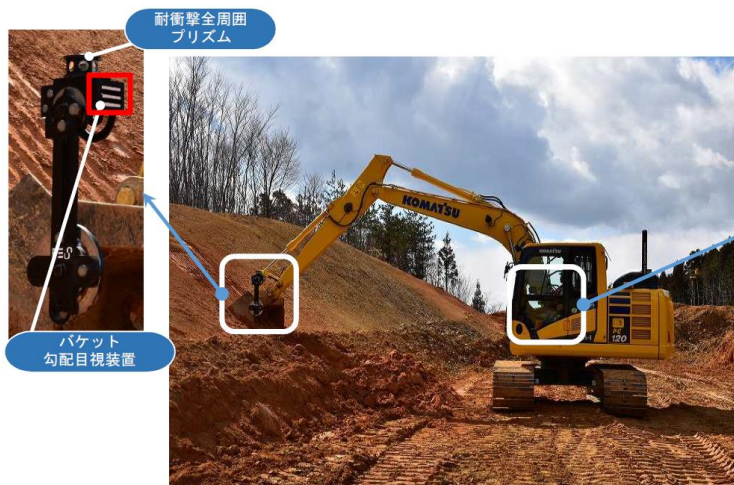
3DMGシステムは小型建機にも装着可能であり、側溝工事や建築現場などの中小規模の現場での活用が見込まれる。光波方式とGNSS方式がある。



光波方式の3次元MG小型建機
TOPCON社参照



GNSS方式の3次元MG小型建機
Unistrong社、カナモト社参照



※杭ナビをご使用の場合は、
現場計測アプリが必要となります。

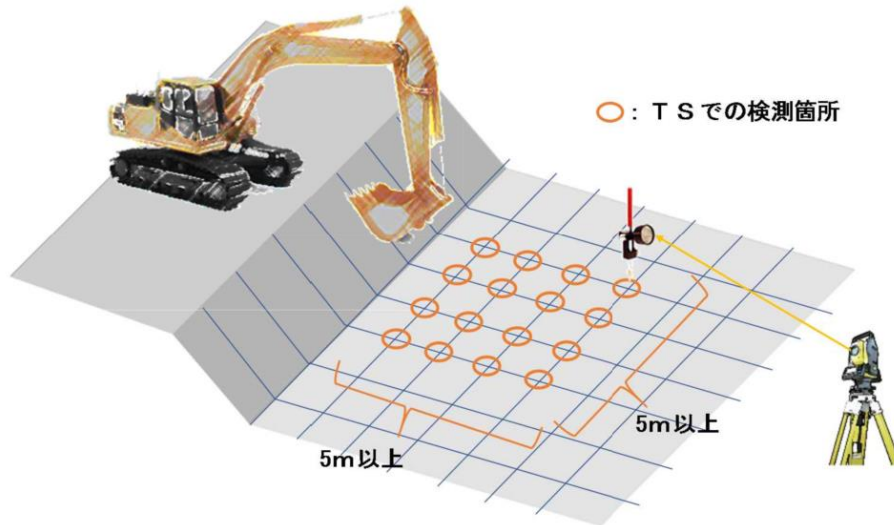
施工履歴データを使った出来形管理(河川浚渫)

ICT浚渫工(河川)

□ 着工前のテスト作業による精度確認(①か②のいずれかで行う)

①掘削整形面の計測方法

試験エリアの整形作業を行い、
施工履歴データを所得し、
履歴データ取得位置の整形面を
TSで計測して比較
比較点数は16点以上

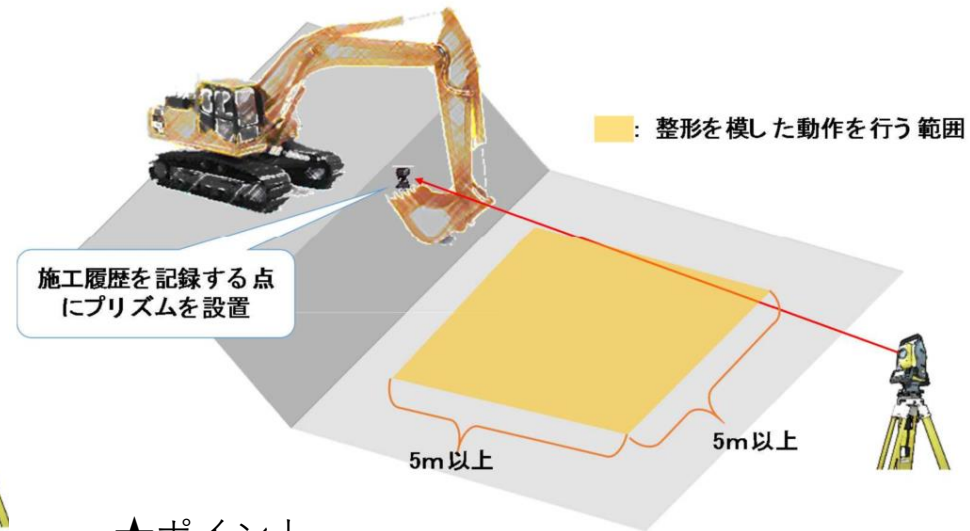


★ポイント

取得した施工履歴データの座標を、
TSに与えて、位置出しをして計測する

②作業装置計測方法

バケットに自動追尾TSターゲットを設置し
施工履歴データを取得する位置のバケット
座標を取得、取得した座標とTS座標とを比較。
比較点数は16点以上



★ポイント

実際に施工しなくても、空中操作でデータ取得
することでもOK
施工履歴の面データと、TS計測の面データを作成して、
比較する手法でもOK

施工履歴データを使った出来形管理(河川浚渫)

ICT浚渫工 (河川)

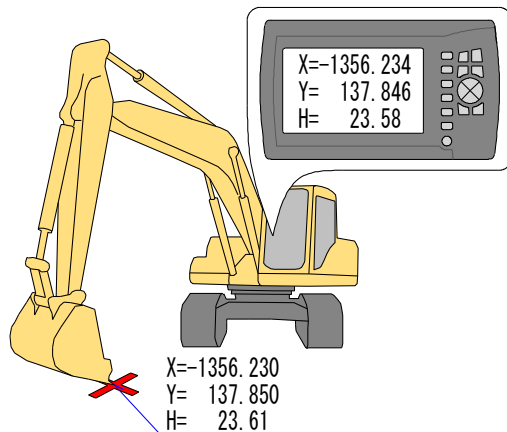
◆ 精度基準

試験モード	比較方法	精度確認基準	備考
テスト作業による精度確認	TS 計測値と標高較差	標高較差：±100mm 以内	現場毎に 1 回実施
静止状態での精度確認	既知点、または TS 計測値との水平・標高較差	水平・標高較差：各±50mm 以内	施工日毎に 1 回実施

◆ 日々の精度確認

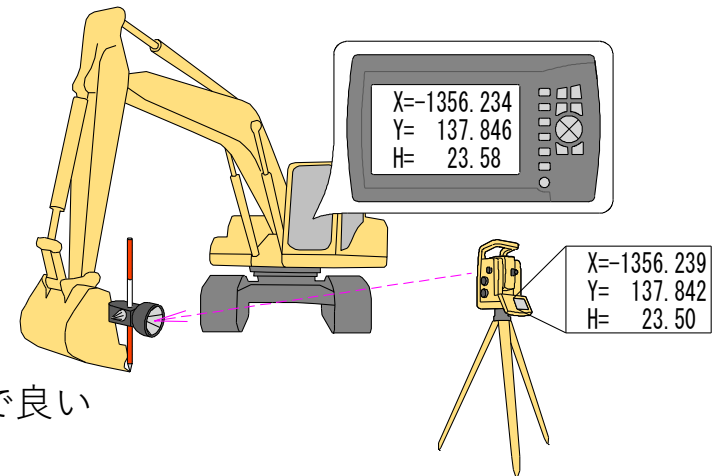
① 既知点での確認

TS で計測して座標を与えた座標点、または、既知点にバケットを当ててガイダンスに表示された座標とを比較する



② TS、GNSSローバー計測との比較

ガイダンスモニタに表示される位置座標と TS、または GNSS ローターで計測した値とを比較する



★ポイント
1 姿勢のみの確認で良い

令和4年度 i-Construction JCMA共通資料－4

資料作成：一般社団法人日本建設機械施工協会(JCMA)
情報化施工委員会 i-Construction普及ワーキング
(共通資料作成サブワーキング)

本資料の二次使用、データの配布、コンテンツのコピー等をご遠慮ください
利用に際しては、JCMA担当部署の許諾を必要とします