

マシンコントロール／  
マシンガイダンス技術  
(バックホウ編) の手引書  
【施工者用】

平成30年2月

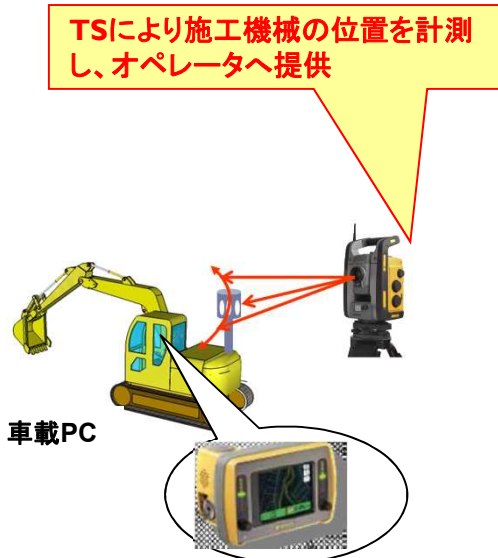
## 基礎編

1. MC/MG技術(バックホウ)の概要
2. MC/MG技術(バックホウ)の機器構成
3. MC/MG技術で利用される測位技術
4. 準拠する要領、基準等、適用工種
5. MC/MG技術(バックホウ)導入のメリット
6. MC/MG技術(バックホウ)導入の主要5パート

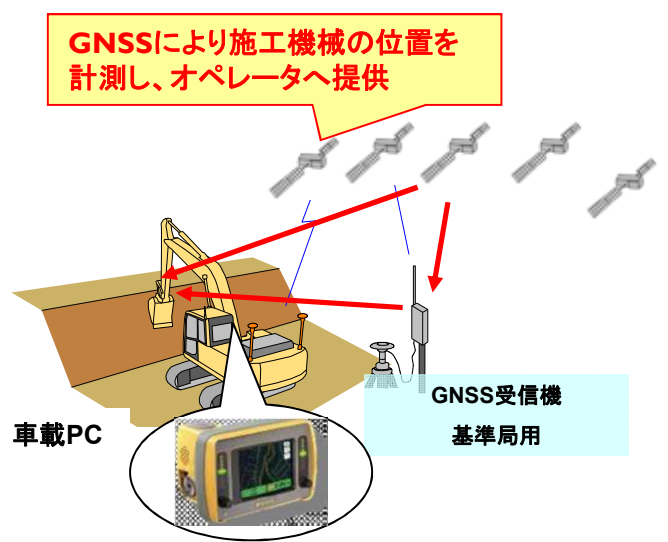
# 1.①マシンコントロール技術 (バックホウ) の概要

- マシンコントロール(以下、「MC」という。)技術とは、自動追尾式TSやGNSSなどの位置計測装置を用いて建設機械の位置情報を計測し、施工箇所の設計データと現地盤データとの差分に基づき、操作を半自動制御するシステムです。

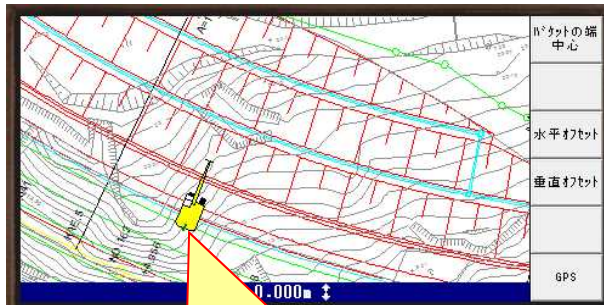
TSを用いたMCイメージ



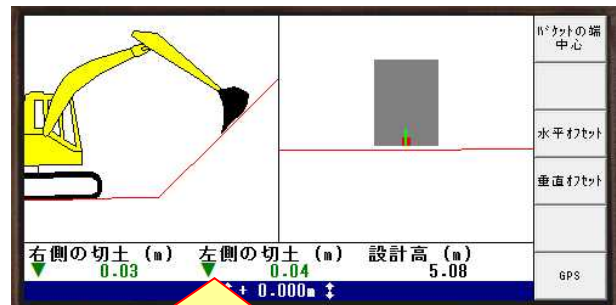
GNSSを用いたMCイメージ



車載PC画面イメージ ※各メーカーにより異なる



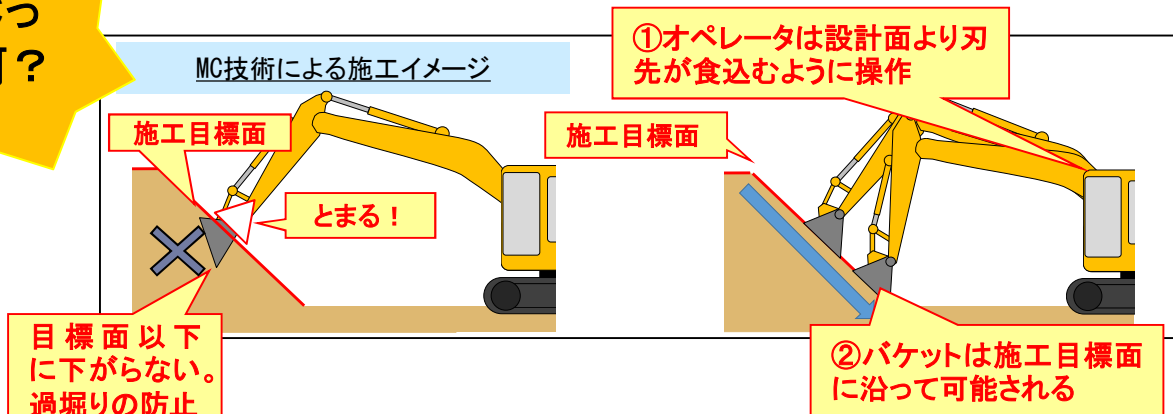
車載PCに搭載された設計データに対する施工機械位置をリアルタイムに提供



現在位置の切り出し位置や設計データに対するバケット位置の差分(切土目標値)をリアルタイムに提供

MCって何?

MC技術による施工イメージ

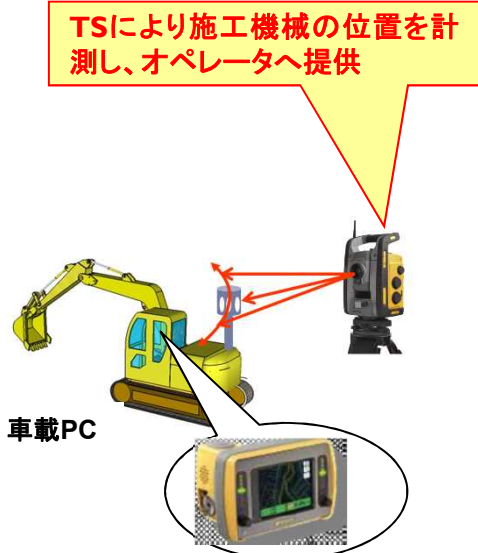


MC(バックホウ)技術を用いた施工イメージ

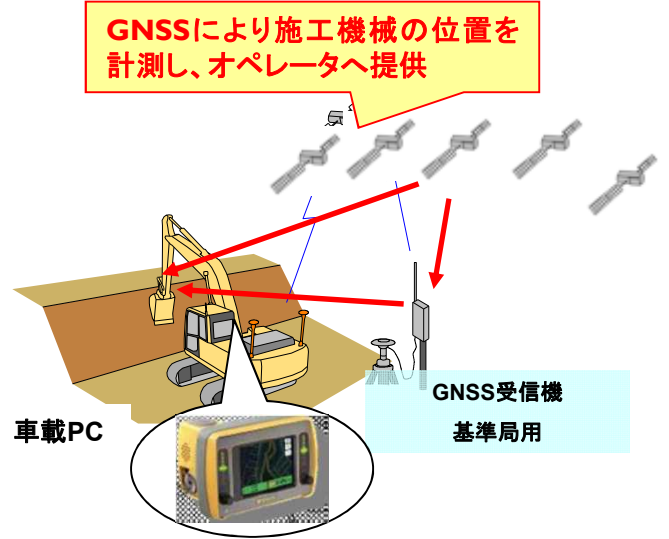
## 1.② マシンガイダンス技術 (バックホウ) の概要

- マシンガイダンス(以下、「MG」という。)技術とは、自動追尾式TSやGNSSなどの位置計測装置を用いて建設機械の位置情報を計測し、**施工箇所の設計データと現地盤データとの差分をオペレータへ提供するシステム**です。

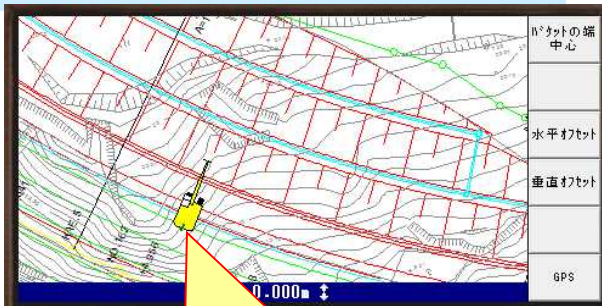
TSを用いたMCイメージ



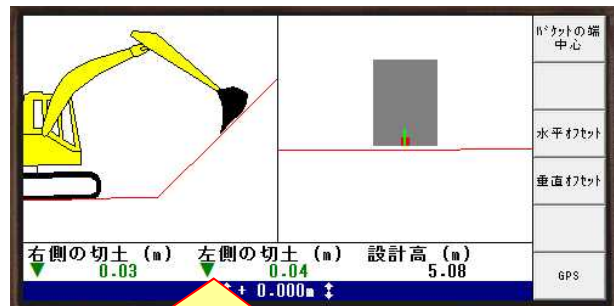
GNSSを用いたMCイメージ



車載PC画面イメージ ※各メーカーにより異なる

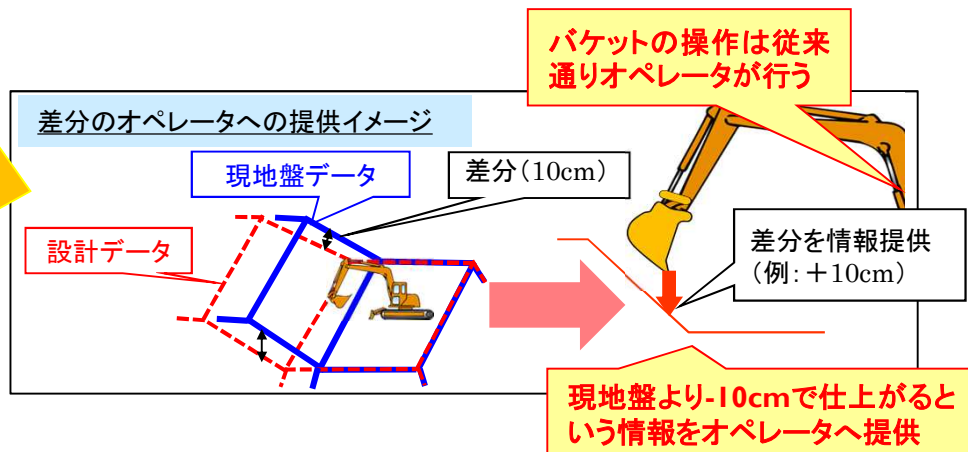


車載PCに搭載された設計データに対する施工機械位置をリアルタイムに提供



現在位置の切り出し位置や設計データに対するバケット位置の差分(切土目標値)をリアルタイムに提供

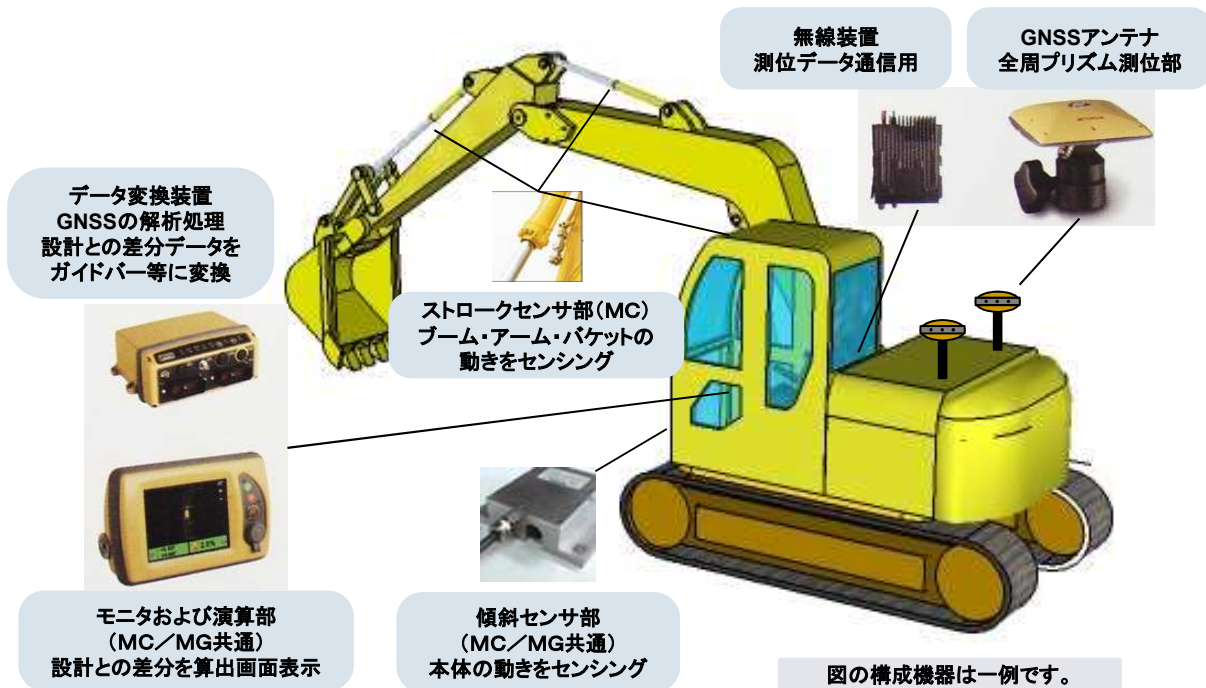
MCとは  
ここが  
違う!



MG(バックホウ)技術を用いた施工イメージ

## 2.① マシンコントロール技術(バックホウ)の機器構成

- ▶ MCのバックホウでは、ブーム・アーム・バケット・本体の傾きをセンシングするセンサが必要です。(センサが内蔵されているものと、されていないものがあります。)
- ▶ バックホウは回転作業を行うことが多いため、向きを特定するために測位アンテナを2基設置しているのが一般的です(次頁の、シングルタイプもあります)。



### 参考 機器構成について

- メーカーによっては、ストロークセンサや傾斜センサ等のセンサ類を重機に標準搭載している場合もある。

### 参考 適用機種について

- MCバックホウは、油圧を自動制御する必要があるため、MC対応仕様のバックホウを調達する必要があります。
- MCバックホウは向きを特定するために2基のアンテナを設置していますが、小旋回型などではアンテナを取り付ける位置が無い場合もあります。
- 小型のバックホウでは、作業中の機械のゆれが大きくなるため、安定したコントロール機能が発揮されにくい場合があります。

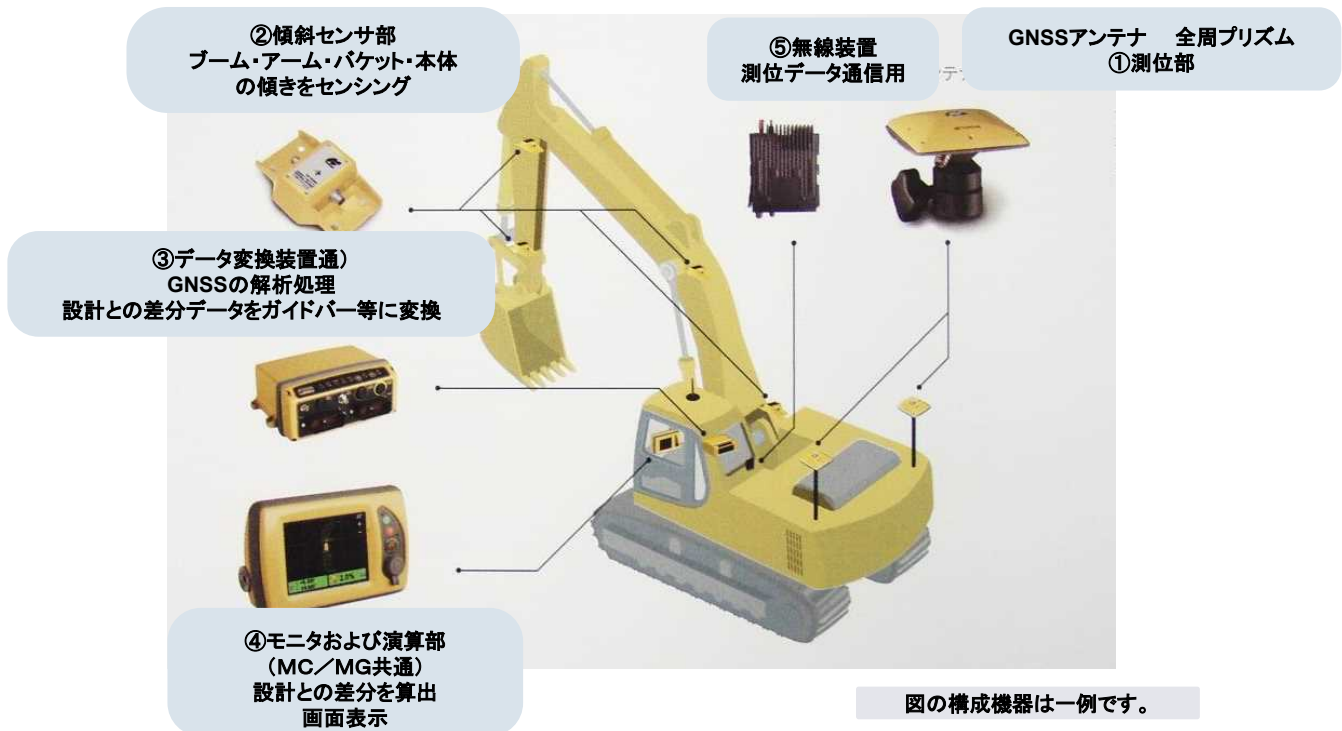
### 留意点 センサ等を取り付ける場合の留意点

- バックホウの作業によっては、振動や負荷がかかり、剥離や亀裂等が発生する場合もあるため、GNSSやセンサの取り付け位置は、十分強度(ブラケット補強等)がある箇所へ設置してください。



## 2.② マシンガイダンス技術(バックホウ)の機器構成

- ▶ MGのバックホウでは、ブーム・アーム・バケット・本体の傾きをセンシングするセンサを設置する必要があります。
- ▶ バックホウは回転作業を行うことが多いため、向きを特定するために測位アンテナを2基設置しているのが一般的です(次頁の、シングルタイプもあります。)



### 参考 機器構成について

- ・メーカーによっては、③と④を一体化している場合や、②を重機に標準搭載している場合もある。

### 参考 適用機種について

- ・MGバックホウは、重機への制御を行わないことから、基本的には全てのバックホウに搭載可能です。
- ・MGバックホウは向きを特定するために2基のアンテナを設置していますが、小旋回型などではアンテナを取り付ける位置が無い場合もあります。
- ・小型のバックホウでは、作業中の機械のゆれが大きくなるため、安定したガイダンス機能が発揮されにくい場合があります。

### 留意点 センサ等の取り付け位置について

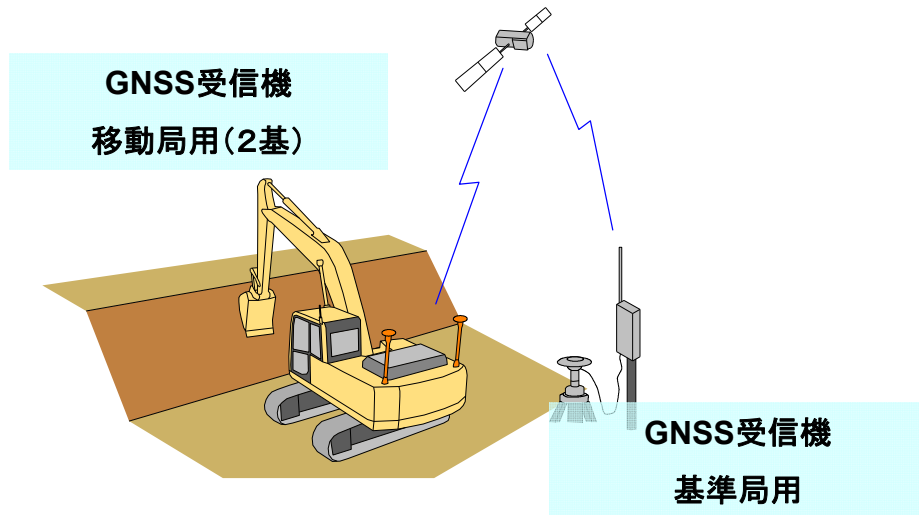
- ・バックホウの作業によっては、振動や負荷がかかり、剥離や亀裂等が発生する場合もあるため、GNSSやセンサの取り付け位置は、十分強度(ブラケット補強等)がある箇所へ設置してください。

### 3. MC/MG技術で利用される測位技術

#### ▶ 位置計測技術（例）

##### 【RTK-GNSS 2基タイプ】

建設機械に取り付けたアンテナ(2基)の座標をRTK-GNSSを用いて計測します。RTK-GNSSの基準局(あるいはVRSによる仮想基準局)から補正データを無線装置(VRSの場合は携帯通信)等で受け取る必要があります。補正データは複数の機械に配信可能で、アンテナを搭載した移動局側を複数稼働させることができます。



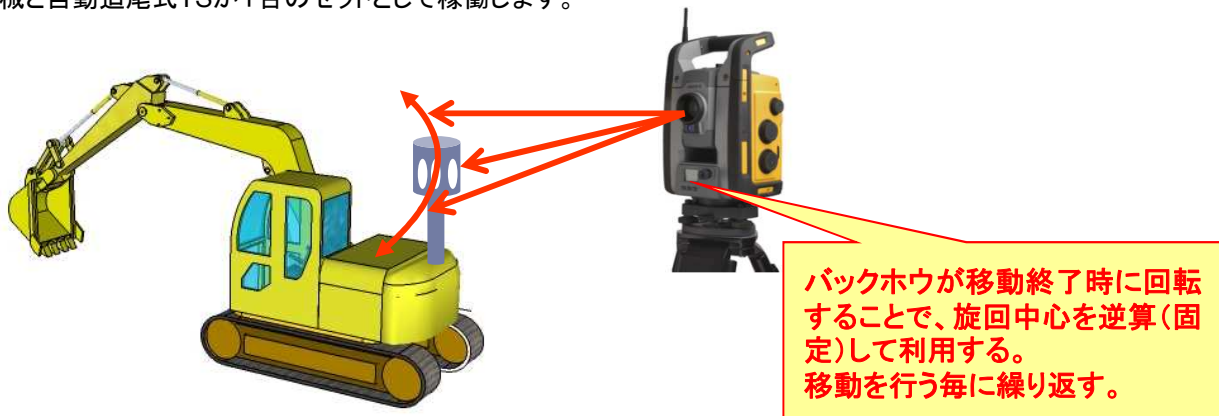
##### 【測位技術のシングルタイプ】

バックホウは回転作業を行うことが多いため、バックホウの向きを特定するためにアンテナを2つ搭載して向きを特定するシステムが一般的です。

しかし、自動追尾式TSの活用や移動の少ない作業では測位部を1つにしたタイプでのマシンガイダンスやマシンコントロールを実施することが可能となっています。

##### 【自動追尾式TS・GNSS 1基タイプ】

建設機械側に取り付けた全周プリズムを自動追尾式TSが追尾して連続的に全周プリズムの位置を計測(あるいはGNSSアンテナにより計測)します。計測結果は無線で建設機械に転送されます。自動追尾式TSの場合は、建設機械と自動追尾式TSが1台のセットとして稼働します。



#### 参考

#### 測位技術の選択について

- 測位技術については、当該工事の現場条件(山間地での衛星の捕捉状況、無線障害の有無)と作業期間、当該作業以外で利用する測位技術の活用などを考慮して選定する。
- MC/MGバックホウでは、3次元座標や3次元設計データを利用しない2Dタイプもあります(一定勾配や丁張りとの併用には便利)。ただし、ICT活用工事(土工)の対象機械ではありません。

## 4. 準拠する要領、基準等、適用工種

### ▶ 準拠する要領・基準等

- ▶ MC/MG技術を用いた施工の施工管理要領、監督・検査要領等は策定されていません。
- ▶ MC/MG技術を用いた施工では、従来の施工のとおり、「河川土工マニュアル((財)国土技術研究センター)」、「道路土工指針((社)日本道路協会)」、「土木工事施工管理基準及び規格値(国土交通省各地方整備局)」等の従来通りの土工の施工管理要領・監督検査要領に準じて実施されます。
- ▶ MC/MG技術に関する機器・ソフトウェア等の必要要件も統一されていません。
- ▶ ICT活用工事で出来高部分払いを利用する場合は、「施工履歴データによる土工の出来高算出要領(案)」に準じて精度確認を行う必要があります。
- ▶ 2Dあるいは3Dでは用いるシステムに違いがあります(ICT活用工事では3Dを利用する必要があります)。

### ▶ 適用工種

#### □ ICT活用工事(土工)での適用工種

##### (1) 対象工種

ICT活用工事の対象は、工事工種体系ツリーにおける下記の工種とする。

##### 1) 河川土工、海岸土工、砂防土工

掘削工／盛土工／法面整形工

##### 2) 道路土工

掘削工／路体盛土工／路床盛土工／法面整形工

《表-1 ICT活用工事と適用工種》

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		
ICT建設機械 による施工	3次元マシンコントロール(ブルドーザ)技術 3次元マシンガイダンス (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	○	○		

#### □ ICT活用工事(土工)以外での適用工種

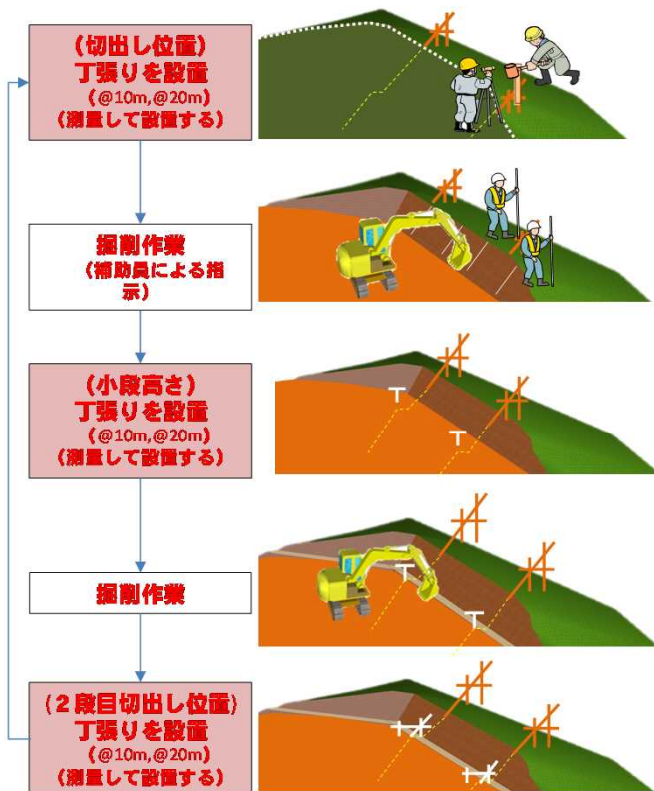
MC/MGバックホウは、造成工事、溝掘削工、浚渫工、小規模な敷均しなどにも有効活用できる。



## 5.① マシンコントロール技術 (バックホウ) 導入のメリット

- ▶ 丁張り削減、検測作業削減、施工作業の簡素化による施工の効率化

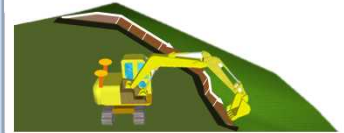
### 【従来手法】



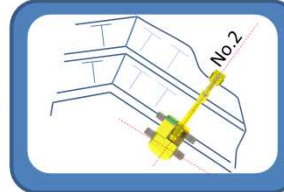
・ 丁張りを設置 (測量して設置する) を繰り返す

### 【MC技術】

モニタ画面に丁張りが存在し、丁張りに沿って施工が可能



モニタ画面 (平面)



モニタ画面 (横断)



- 丁張り作業の**人件費**、**丁張り材料費**を削減。
- **掘削の指示**(丁張りなどの段取り替え)待ち、**勾配の仕上がり確認時間も減り**、バックホウの作業時間が増加。結果的に効果的な作業が実現。
- MCの活用で**準備作業**(丁張り計算・丁張り設置)は**1段法でも多段法でもほぼ変わらない作業**になり、複雑な法面でより効果を発揮。

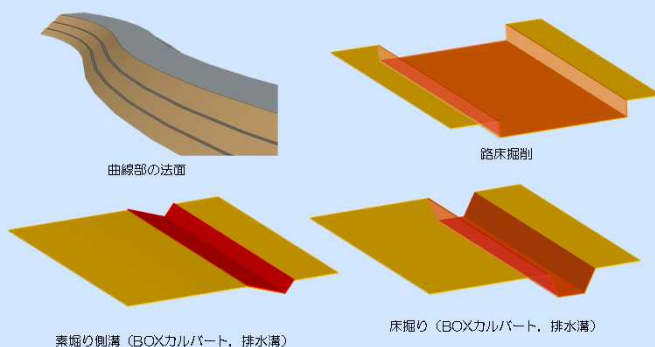
※ MGとの違い

- ・ MCではオペレータの技能に関わらず刃先が設計面より下に下がらないので過掘りを防止できる

### 参考

### MC(バックホウ)技術の活用場面について

様々なデータを作成することで用途は多彩、小規模現場でも効果を発揮



小規模作業では、人と接近した作業 (仕上がり確認) も多い

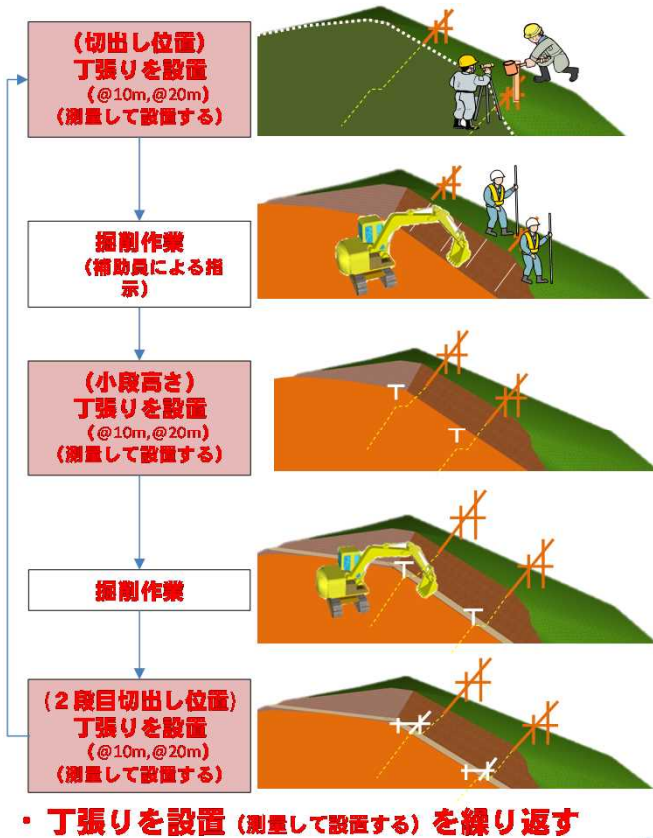


MCバックホウはデータ作成次第で活用場面が広がる。法面だけでなく、様々な3次元データを作成して効果的に活用することが重要。

## 5.② マシンガイダンス技術 (バックホウ) 導入のメリット

▶ 丁張り削減、検測作業削減、施工作業の簡素化による施工の効率化

### 【従来手法】

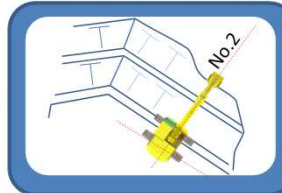


### 【MG技術】

MGを用いることで丁張りの実物が無くてもモニタ画面に丁張りが存在 (全面)。



モニタ画面 (平面)



モニタ画面 (横断)



- 丁張り作業の**人件費**、丁張り**材料費**を削減。
- 掘削の指示(丁張りなどの段取り替え)待ち、勾配の仕上がり確認時間も減り、バックホウの作業時間が増加。結果的に効率的な作業が実現。
- MGの活用で準備作業(丁張り計算・丁張り設置)は1段法でも多段法でもほぼ変わらない作業になり、複雑な法面により効果を発揮!

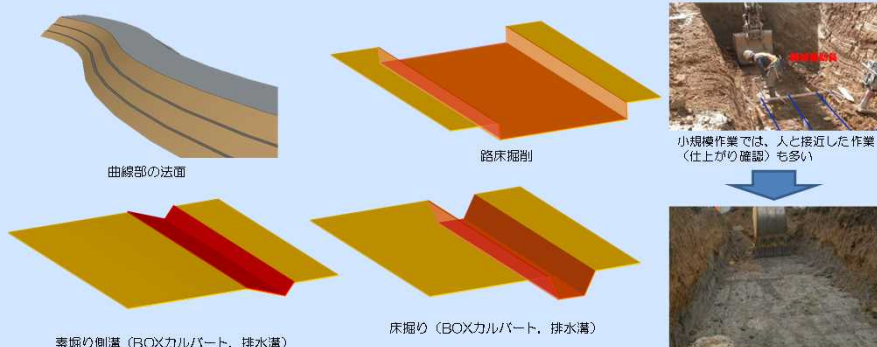
※ MCとの違い

- ・ MGでは操作はオペレータの技能による。

### 参考

### MG(バックホウ)技術の活用場面について

様々なデータを作成することで用途は多彩、小規模現場でも効果を発揮




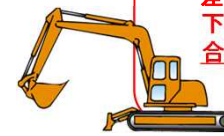
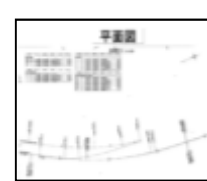

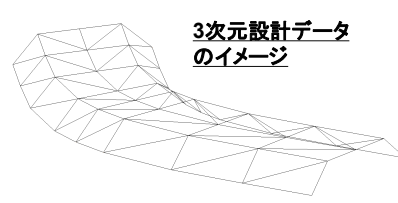
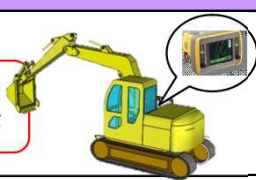
MGバックホウはデータ作成次第で活用場面が広がる。法面だけでなく、様々な3次元データを作成して効果的に活用することが重要。

様々なアタッチメントでも利用できる



## 6. MC/MG技術 (バックホウ) 導入の主要5パート

- ▶ MC/MG技術を用いた施工では以下の主要5パートの適切な実施により、施工精度を確保することができます。

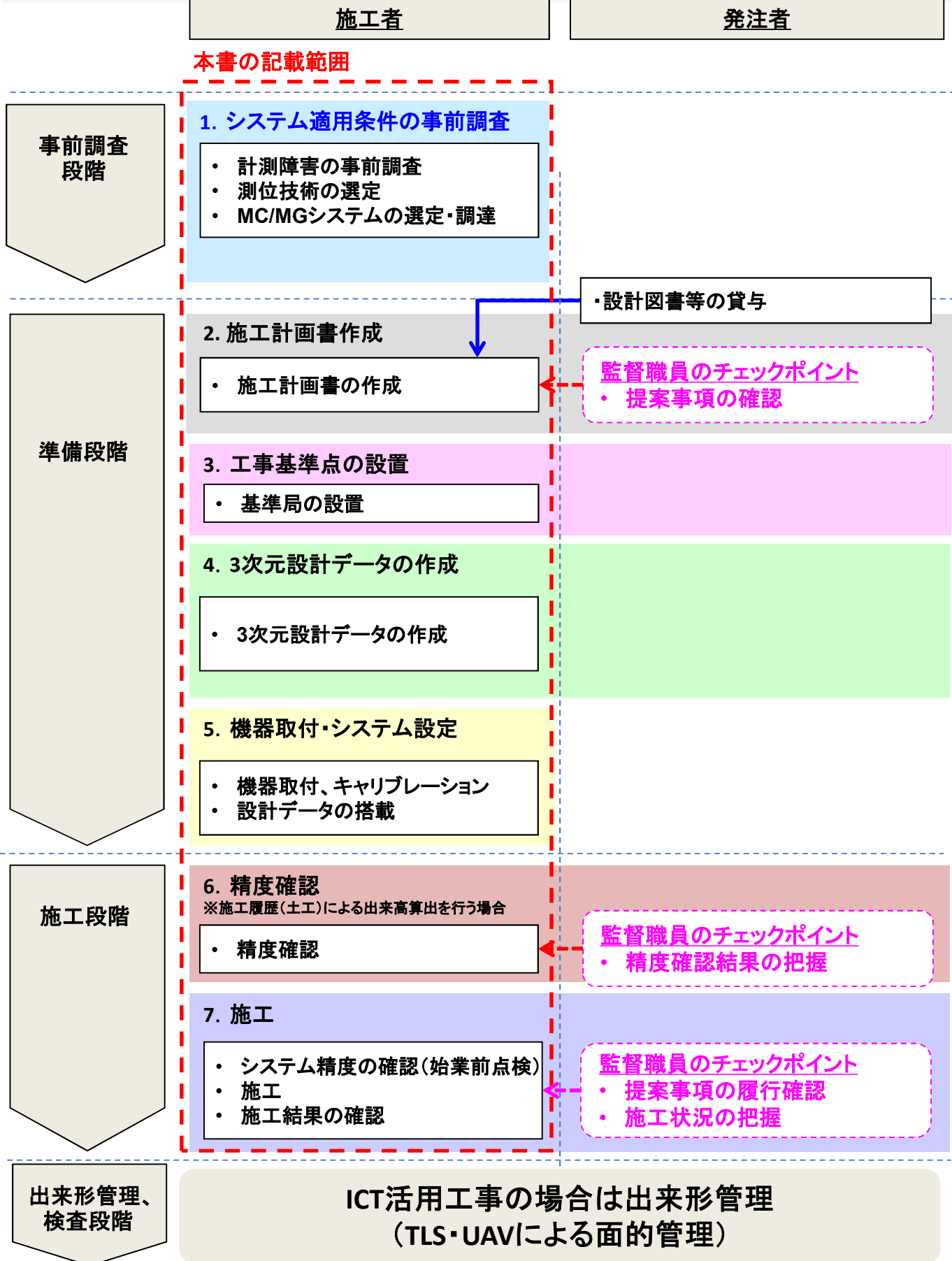
1. システム適用条件の事前調査		
<p>(1)計測障害の事前調査 システム適用条件の確認</p> <p><b>【GNSSの場合】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>無線通信障害がないことを確認</li> <li>FIX解データを得る衛星捕捉状態の確保</li> </ul>	<p>(2)測位技術の選定 計測機器(TS・GNSS)の選択</p> <p><b>【GNSS】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>衛星の補足が困難となる狭小部や山間部でない現場である</li> </ul> 	<p>(3)MC/MGシステムの選定・調達 必要機能を有するシステムの選定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>バケット刃先の3次元位置データ(平面位置・高さ・勾配)と設計データとの差分を計算し、車載へ提供する(MGの場合)</li> <li>バケットの刃先の3次元位置データ(平面位置・高さ・勾配)と設計データとの差分を計算し、バケットが設計面より下がらないよう制御される(MCの場合)</li> </ul> 
2. 計測精度の確保		
<p>(1)計測精度の確認 基準局の設置</p> <p><b>【GNSSの場合】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>計測座標と既知座標とが合致することを確認</li> <li>任意点の計測座標が合致することを確認(1箇所を2回計測)</li> </ul>		
3. 3次元設計データの作成		
<p>(1)設計図書(平面図、縦断面図、横断面図)、線形計算書の貸与 2次元CADデータの照査</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>不備の確認</li> <li>起工測量結果との差異の確認</li> </ul> 	<p>(2)3次元設計データの作成 3次元設計データ作成ソフトウェアにより作成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>工事基準点・平面線形・縦断面線形・出来形横断面形状を基準点測量結果や設計図書等から作成</li> </ul>  <p>道路中心線形(又は堤防法線) 出来形横断面形状</p>	<p>(3)3次元設計データの確認 3次元設計データの照査</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>施工者が3次元設計データの照査</li> <li>必要に応じて作業ごとの3次元設計形状を作成する</li> </ul>  <p>3次元設計データのイメージ</p>
4. 機器取付・システム設定		
<p>(1)建設機械への機器取付・現場調整 機器取付・現場調整</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>建設機械への機器の適切な取付</li> <li>バケット幅・ブーム・アームの長さ等の正確な測定、車載PCへの必要情報の入力</li> </ul>	<p>(2)設計データ作成・搭載 設計データ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>3次元設計データの建設機械への搭載</li> </ul>	
5. 施工		
<p>(1)施工精度の確認</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>バケット刃先の位置情報の精度確認</li> </ul>	<p>(2)施工</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>車載PCの確認</li> <li>施工機械の操作</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>施工状況をリアルタイムで確認</li> </ul>

## 実務編

1. MC/MG技術(バックホウ)を用いた施工の流れ
2. システム適用条件の事前調査時の実務内容
3. 施工計画作成時の実務内容
4. 工事基準点設置時の実務内容
5. 3次元設計データ作成時の実務内容
6. 機器取付・システム設定時の実務内容
7. 施工時の実務内容



# 1. MC/MG技術(バックホウ)を用いた施工の流れ





## 2. システム適用条件の事前調査時の実務内容

### ▶ システム適用条件の事前調査時の実施内容と解説事項

フロー	施工者の実務内容
<div data-bbox="201 495 555 595" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">計測障害の 事前調査</div> <div data-bbox="368 595 389 663" style="text-align: center;">↓</div>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 計測障害の事前調査(解説①) P15</li></ul>
<div data-bbox="201 663 555 719" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">システムの選定・調達</div>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 測位技術の選定(解説②) P16</li><li>• MC/MGシステムの選定・調達(解説③) P17</li></ul>

## 解説①：計測障害の事前調査【施工者】

～2.システム適用条件の事前調査時の実務内容～

- ▶ 情報化施工機器においては、計測機器とMC/MG機械の間等、無線通信を利用します。当該現場にて無線通信障害が発生しないことを確認します。
- ▶ TSを用いるシステムとGNSSを用いるシステムでは、計測機器の特徴により適用可能な地形条件が異なります。当該現場の条件を十分に確認します。

## 計測障害の事前調査内容

### 無線の通信障害が起こりやすい現場状況と利用する無線の種類

- 航空基地、空港周辺
- 変電所の周辺
- 違法無線

無線の障害の有無は、目に見えないため、工事を行う時間帯などに利用する無線機を利用して確認することが有効です。

また、利用する無線の出力やアンテナによって、無線の通信可能距離も変わります。現場状況に合わせた無線を準備する必要があります。

### GNSSシステムの適用条件

#### 【計測障害の有無】

- 衛星の補足が困難となる狭小部や山間部でない(上空が開けている)
- 衛星電波の多重反射(マルチパス)を発生させる環境でない(構造物や法面が隣接していない)

#### 参考

#### 無線の通信障害について

- 無線通信には、免許や申請の必要な高出力な無線もあります。利用する無線の種類や出力を事前に確認してください。

#### 参考

#### TSとRTK-GNSSの選定について

- MC/MGバックホウでは向きを特定するためにRTK-GNSSを2基搭載しているものが多い。1基のタイプでも実施は可能だが、移動の度に旋回中心を設定する作業が必要となる。作業工程と実施期間を考慮して選定が必要です。

### TSシステムの適用条件

#### 【計測障害の有無】

- 基準局(TS)と移動局(建設機械)との間との視準を遮断する既設構造物等がない
- 既設構造物等がある場合、視準の遮断を回避できる適度な高低差のある基準局(TS)設置場所がある

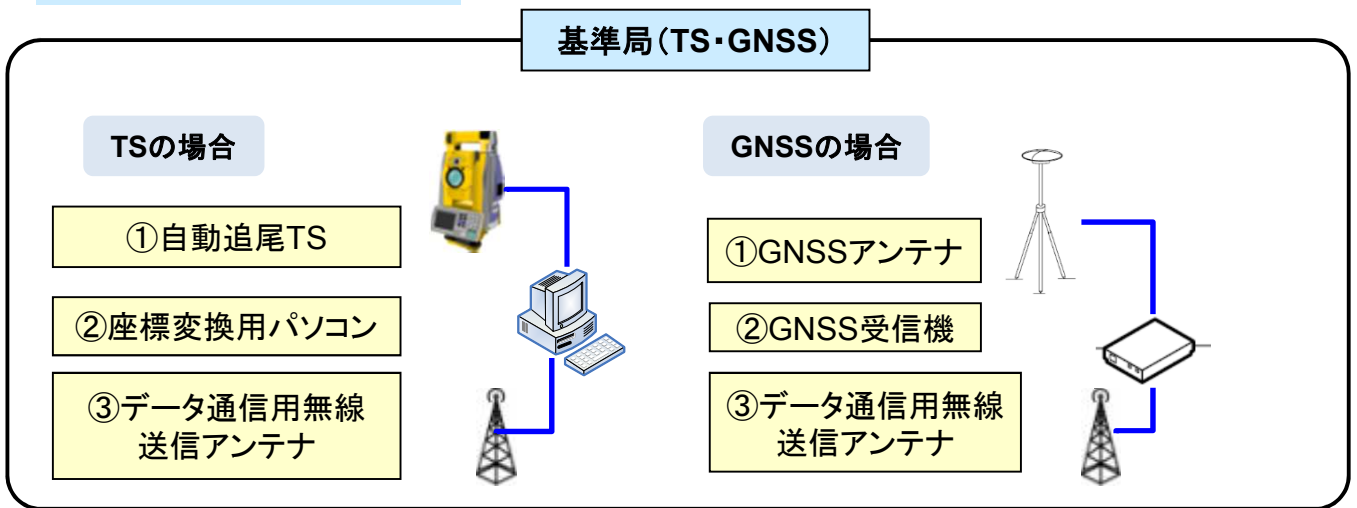
## 解説②：測位技術の選定【施工者】

～2.システム適用条件の事前調査時の実務内容～

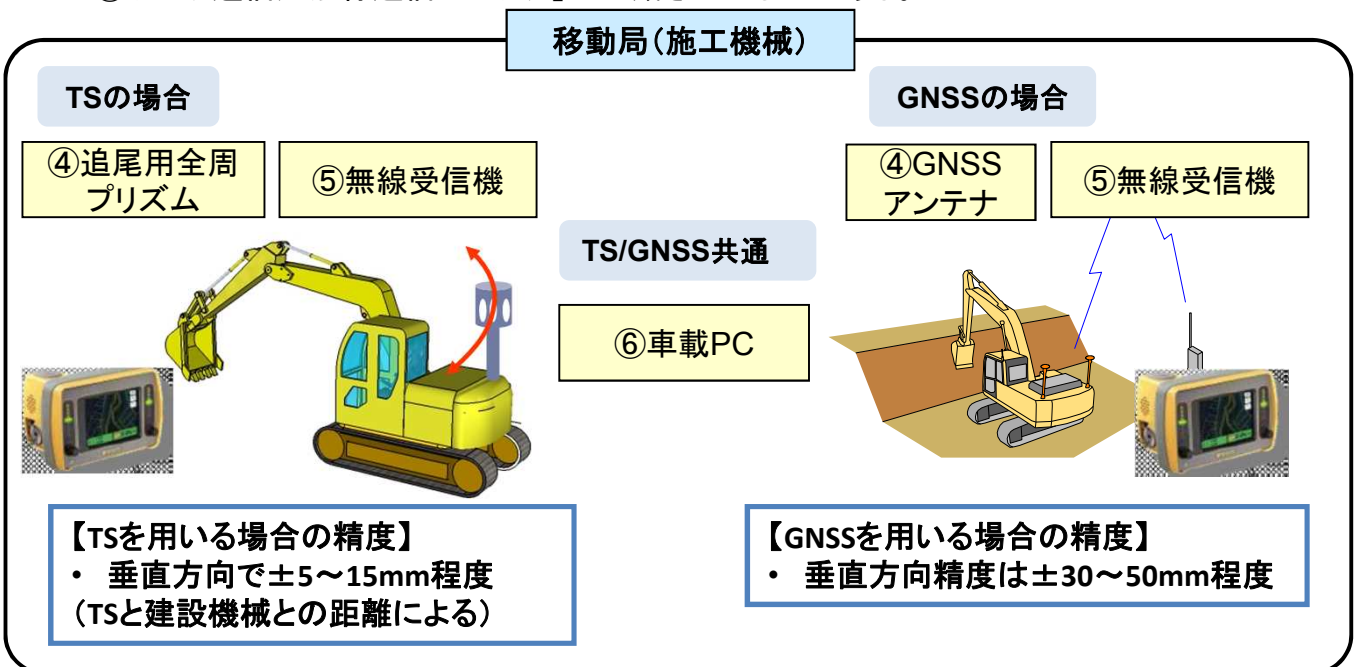
- ▶ MC/MG技術を用いた施工に必要な機器・ソフトウェアは、「基準局」・「移動局」に大きく分類され、システム販売・レンタル業者では機器・ソフトウェアを一つのシステム単位で製品としています。(以下、機器・ソフトウェアを総称して「MC/MGシステム」という。)
- ▶ MC/MGシステムは、測位技術にTSを用いるシステムとGNSSを用いるシステムとがあり、それぞれ機器構成が異なります。

### MC/MGバックホウのシステム機器構成

#### MC/MGシステムの機器構成



※TSで、計測したデータを「②座標変換用パソコン」を介さずに直接移動局へ伝達可能なもの、「③データ通信用無線送信アンテナ」が内蔵されたものがある。



※移動局は施工機械と各機器とをセットで購入・レンタルする方法、各機器のみを購入・レンタルし保有済みの施工機械に取り付ける方法とがある。(MCの場合は建機側もMC対応機種に限られる)

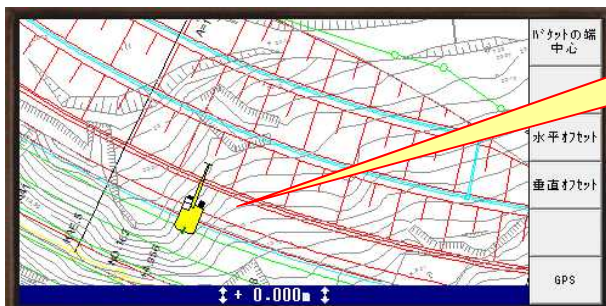
## 解説③： MC/MGシステムの選定・調達【施工者】

～ 2.システム適用条件の事前調査時の実務内容～

- ▶ MC/MGバックホウは、リース・レンタル店、建機代理店等より購入またはリース・レンタルにより調達します。
- ▶ MC/MGシステムの導入に際して、デモ等のサービスを利用し、機能や操作性を事前に確認することを推奨しています。

### システムの機能例 ※各メーカーにより異なる

車載PC画面イメージ【MC/MG(バックホウ)】 ※各メーカーにより異なる

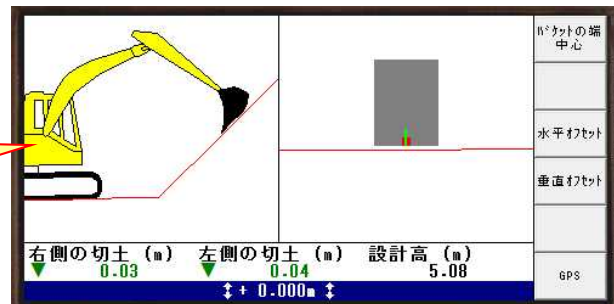


#### 【移動操作支援機能】

車載PCに搭載された設計データに対する  
施工機械位置をリアルタイムに提供

#### 【バケット操作支援機能】

現在位置の切り出し位置や設計データに対するバケット位置の差分(切土目標値)をリアルタイムに提供



### 参考

#### 出来高部分払いを利用する場合について

- ICT活用工事で出来高部分払いを利用する場合は、「**施工履歴データによる土工の出来高算出要領(案)**」に準じて施工履歴から施工後の出来高を3次元座標で記録・管理するシステムを調達すると共に、その精度確認を行う必要があります。

参考：施工履歴データによる出来高算出に関する精度確認方法

(4) 作業装置位置の計測精度についての確認方法

1) バックホウの場合

バケット位置精度の標準的な確認方法を表3-2、図3-2に示す。

また、バケット位置精度の評価方法は、マシンガイダンス技術から提供されるバケット位置と、TSにより取得されるバケット位置の較差を算出し、全て条件における較差が、標高で±50mm 以内であれば、所要の性能を確保していると判断する。また、平面位置(X座標、Y座標の合成)は、その平均値が較差 50mm 以内であることを確認する。

表3-2 バケット位置精度

	パラメータ (目標値) ※			試験数	備考
	バケット 標高位置	バケット 角度	バックホウ 姿勢		
Case 1	0m	0度	0度	8点以上 (バケット距離：2条件、 本体向き：2条件とすると 全32データ)	バケット角度
Case 2	0m	-60度	0度		
Case 3	0m	60度	0度		
Case 4	0m	0度	2.5度		バックホウ姿勢 (ピッチ)
Case 5	0m	0度	5.0度		
Case 6	0m	0度	7.5度		バケット高さ
Case 7	1m	0度	0度		
Case 8	2m	0度	0度		

※パラメータの数値は、任意に設定してもよい。

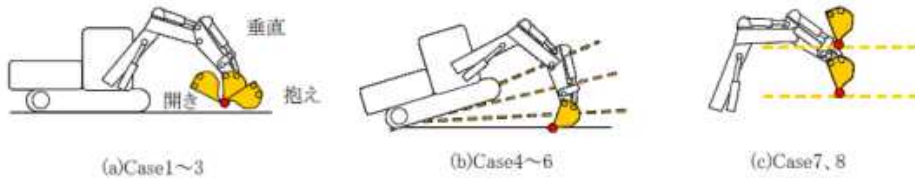


図3-2 バケット位置精度の標準的な確認方法

添付資料

(様式-1)

平成 年 月 日  
作成者：

「バケット位置の取得精度」記録シート (対象技術：3Dバックホウ)

試験 ケース	パラメータ(目標値)					内容						較差 (②-①)		標高較差 確認結果 (±50mm以内)
	バケット 標高位置	バケット 角度	バックホウ 姿勢	バケット 距離	本体向き (方位角)	①マシンガイダンス技術			②精度検証機器(TS)			平面位置	標高	
						北座標	東座標	標高	北座標	東座標	標高			
Case1	m	度	度	m										
Case2	m	度	度	m										
Case3	m	度	度	m										
Case4	m	度	度	m										
Case5	m	度	度	m										
Case6	m	度	度	m										
Case7	m	度	度	m										
Case8	m	度	度	m										
	備考					平均値								

※標高較差が±50mm 以内であれば、チェック結果欄に"○"と記すこと。



### 3. 施工計画作成時の実務内容

#### ▶ 施工計画時の実施内容と解説事項

本書の記載範囲

フロー	施工者の 実務内容	監督職員 の実務内容
施工計画書の作成	・ 施工計画書の作成(解説①)P20	・ 提案事項の確認 ・ 施工管理方法の把握

## 解説①：MC/MG技術を用いた施工に関する施工計画書の作成【施工者】

～3. 施工計画作成時の実務内容～

- ▶ MC/MG技術を利用するための特別な記載は必要ありません。ただし、技術提案などで提案している場合は、利用するシステム、利用する範囲を記載してください。
- ▶ 現場で施工状況を確認する方法を記載します。(推奨事項)
  - ※ 利用範囲に制限を設ける場合は、施工前の協議で受発注者で確認しておくとい良いでしょう。
- ▶ 出来高部分払いを利用する場合は、「施工履歴データによる土工の出来高算出要領(案)」に準じた内容を記載してください。

### 施工計画書への記載事項等

(1)「土木工事共通仕様書 1-1-4 施工計画書」の規定に基づき、使用する施工機械に関する情報を記載する。

技術提案などで、MC/MG技術の利用を提案している場合は、提案内容に合致する機器を選定していることを示す必要があります。選定したMCシステムのメーカ、型番、構成機器等を記載する。また、システムの機能および精度が確認できる資料(メーカパンフレット等)を添付しておくとい良いでしょう。

技術提案などでMC/MGの導入を提案している場合、利用するシステムの特徴や現場の制約条件から、現場の一部で利用しか利用できない場合もあります。利用が制限される理由と利用範囲についても明記しておくとい良いでしょう。

MC/MG技術では、現場で施工状況を確認するための目印が少なくなります。施工者と発注者が作業状況を容易に確認でき、進捗などの状況を共有することが現場の円滑な運用には不可欠です。

- 現場で施工状況を確認する方法(例)としては、以下の様な方法もあります。
  - ① MC/MGの画面(設計値との差が表示される)で確認する。
  - ② チェックのための目印(丁張り)を数カ所に設置する。
  - ③ TS等を利用して確認することもできます。

#### 参考

#### 計測機器やシステムのトラブル時の対応について

- 施工計画書への記載は不要ですが、計測機器や無線通信のトラブルが発生した場合の対応方法も立案しておくことが重要です。

## 4. 工事基準点設置時の実務内容

### ▶ 計測精度の確認時の実施内容と解説事項

フロー	施工者の実務内容
基準局の設置	<ul style="list-style-type: none"><li>• 工事基準点の設置 基準局の設置(GNSSを用いる場合)解説① P22 基準局の設置(TSを用いる場合)解説② P23</li></ul>

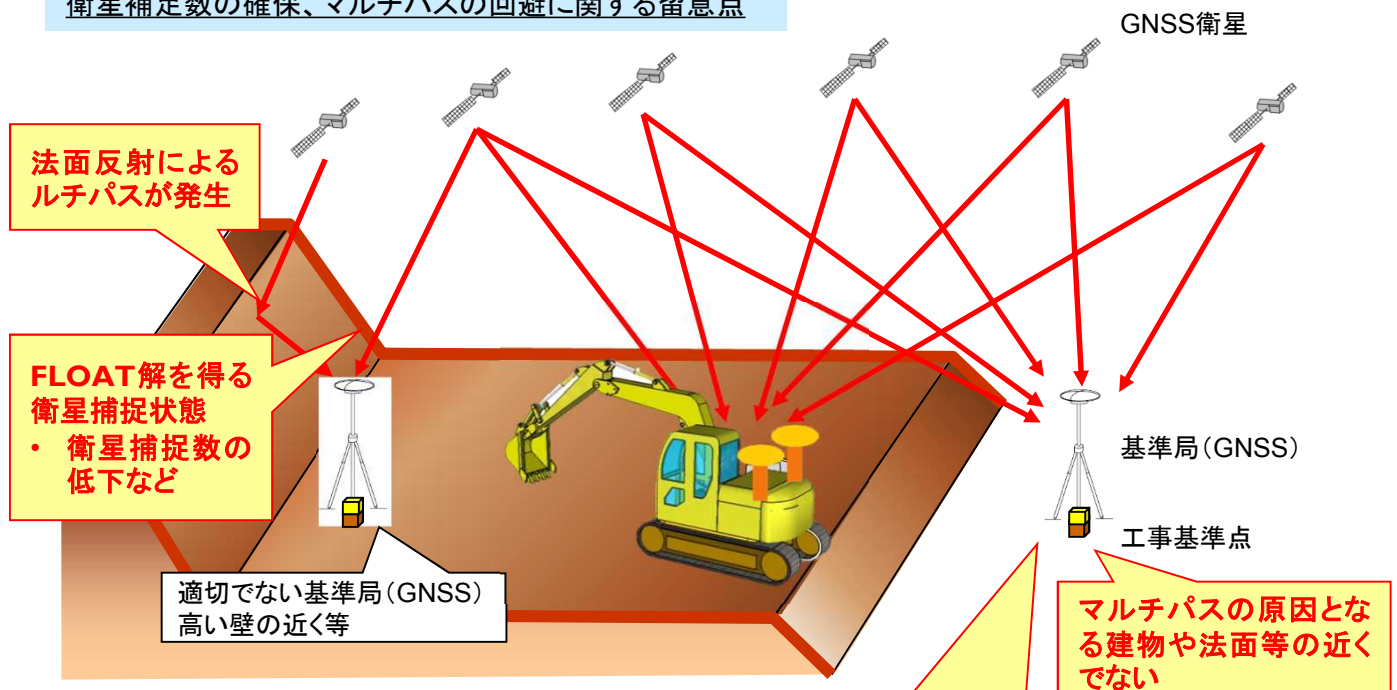
## 解説①：基準局の設置 (GNSSを用いる場合) 【施工者】

～4.工事基準点設置時の実務内容～

- ▶ RTK-GNSSを用いたMC/MG施工では、基準局(GNSS)の3次元座標値を基に移動局の位置情報を算出する。適切な計測精度を確保できる基準局(GNSS)の設置が重要です。
- ▶ 基準局(GNSS)は「衛星捕捉状態」・「衛星電波の多重反射(マルチパス)」に留意して設置します。

### 基準局の設置時の留意点 (GNSSを用いる場合)

衛星補足数の確保、マルチパスの回避に関する留意点



- ※ FIX解とは、利用可能な衛星数が一定以上の場合に得られる精度が保証された位置測定結果である。
- ※ FLOAT解とは、利用可能な衛星数が少ない等により精度が悪い状態で得られた位置測定結果である。

**FIX解データを得る衛星捕捉状態  
衛星捕捉数5個以上必要(共通衛星)**

#### 参考

#### 衛星補足数の予測ソフトウェアについて

- 測量機器メーカー等により、衛星補足数を予測するソフトウェアが販売、無償公開されています。

#### 参考

#### マルチパス対策の進んだGNSS受信機について

- マルチパス対策の進んだGNSS受信機が開発されているため、マルチパスの恐れがある場合はGNSS受信機を適切に選定する。

#### 参考

#### VRS方式の利用について

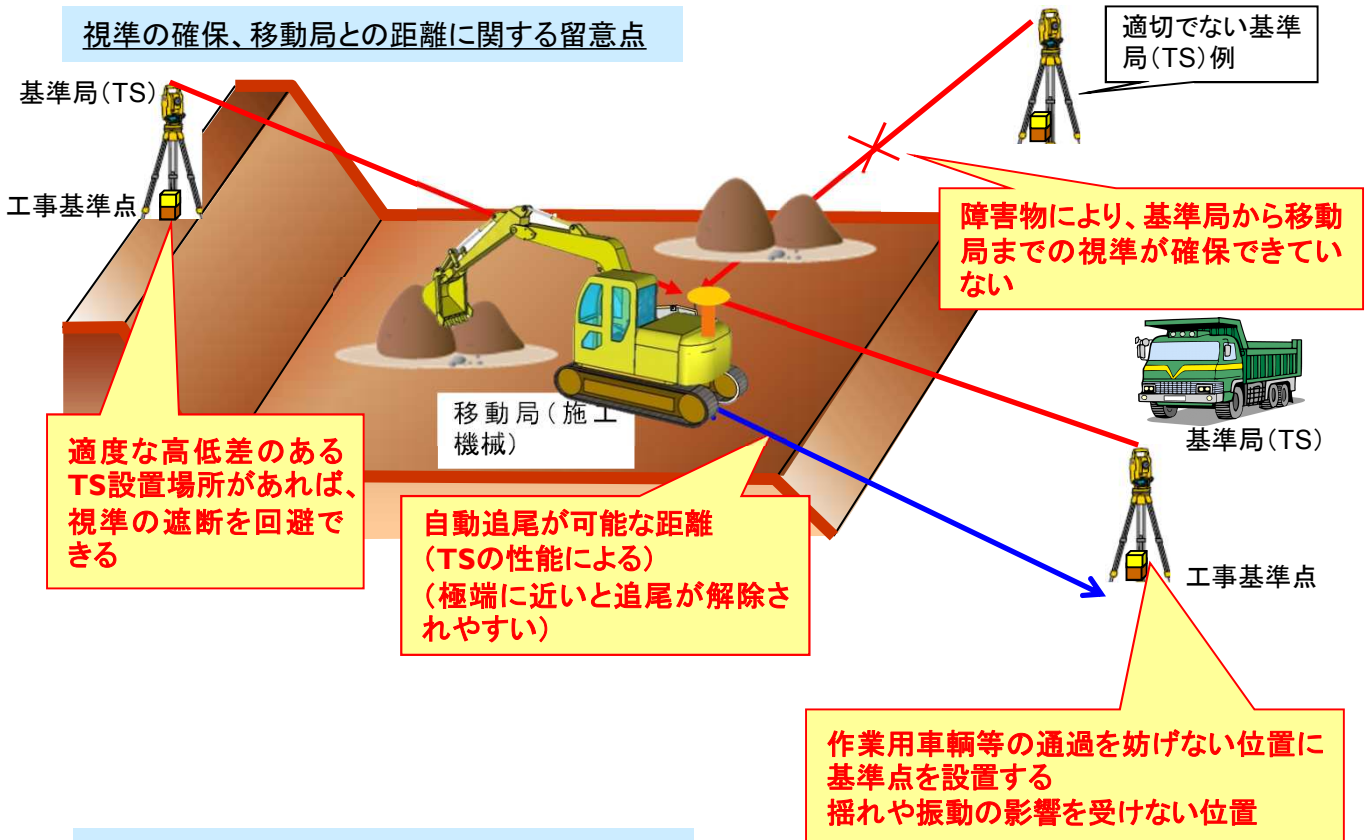
- VRS方式では、基準局は不要です。ただし、データ配信から仮想基準点情報の提供を受ける契約と携帯電話などによるデータ通信費が必要です。

## 解説②：基準局の設置 (TSを用いる場合) 【施工者】

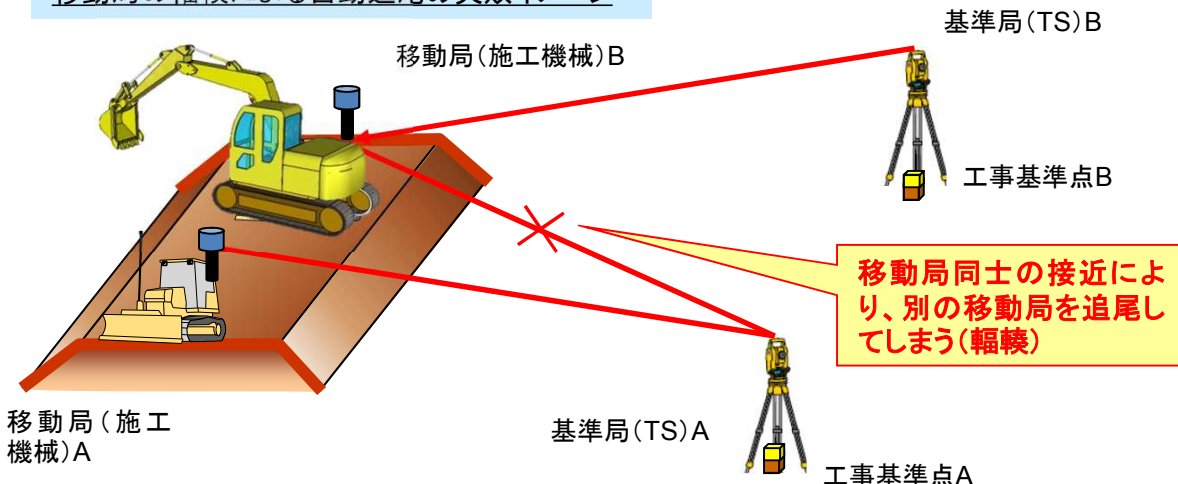
～4. 工事基準点設置時の実務内容～

- ▶ TSを用いたMC/MG施工では、基準局(TS)の3次元座標値を基に移動局(建設機械)の位置情報を算出します。適切な計測精度を確保できる基準局(TS)の設置が重要です。
- ▶ 基準局(TS)は「視準」・「移動局との距離」に留意して設置します。
- ▶ 基準局(TS)と移動局(バックホウ)とは1対1の組み合わせとなります。複数の施工機械により施工する場合、「移動局の輻輳」を防ぐため施工範囲を分ける必要があります。

### 基準局の設置時の留意点 (TSを用いる場合)



### 移動局の輻輳による自動追尾の失敗イメージ





## 5. 3次元設計データ作成時の実務内容

### ▶ 3次元設計データ作成時の実施内容と解説事項

フロー	施工者の実務内容
3次元設計データの作成	<ul style="list-style-type: none"><li>設計図書の照査</li><li>3次元設計データの作成(解説①) P25</li></ul>

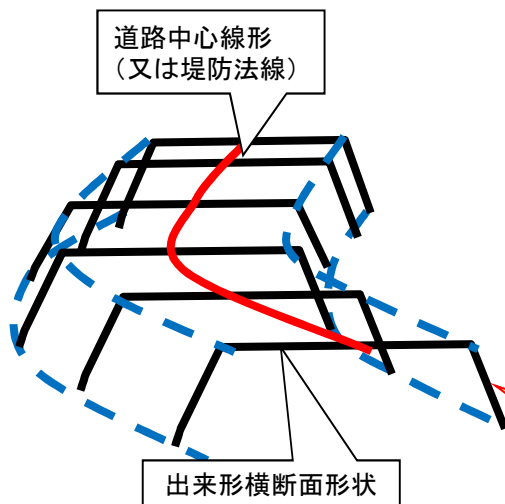
## 解説①：3次元設計データの作成【施工者】

～5.3次元設計データ作成時の実務内容～

- ▶ MC/MG技術に搭載する3次元設計データを作成する。
- ▶ 3次元設計データの作成手順としては、「路線」から作成する場合と、直接「TIN」を作成する方法があります。
- ▶ データ作成は、専用のソフトウェアに入力する場合と、CADソフトなどで「TIN」データを作成して転送する方法があります。最近では、TS出来形のシステムから出力できる場合もあります(利用するシステムにより異なるので、各メーカーに問い合わせる)。

### 路線ファイル、TINファイルのイメージ

#### 路線ファイルイメージ

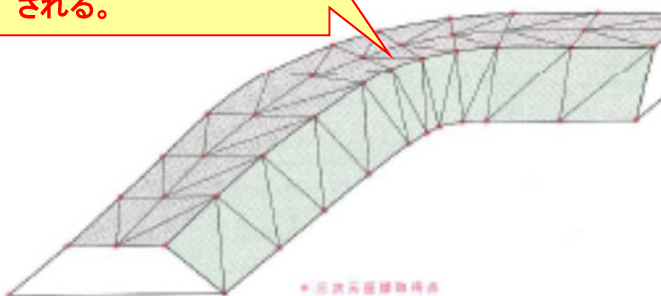


道路土工、河川土工では「路線データ」を用いたデータを変換して利用することが多い。  
線形に沿って横断形状をあてはめながら3次元の設計値を算出するので曲線部などもなめらかに算出できる特徴がある。

データ作成前に目標となる横断形状を抽出。  
作業段階の、盛りこぼし等を考慮し、データの作成範囲に注意。

#### TINファイルイメージ

TINは直線で構成される。曲面部は小さく分割することで曲面に近似される。



「路線データ」から「TINデータ」に変換して利用できる。

駐車場、広場、飛行場の舗装工事では「TINファイル」を直接作成することが多い。  
(座標リストから作成)

面的な施工を行う工事では、高さや水勾配のコントロールポイント(TINを構成する3次元座標値)を抽出して作成できる  
線形構造物に適用する場合は、横断勾配の変化が大きい箇所や曲線部などでは作成間隔を密にするなどの工夫を行う。

※出典：情報化施工の実務(社団法人 日本建設機械化協会)

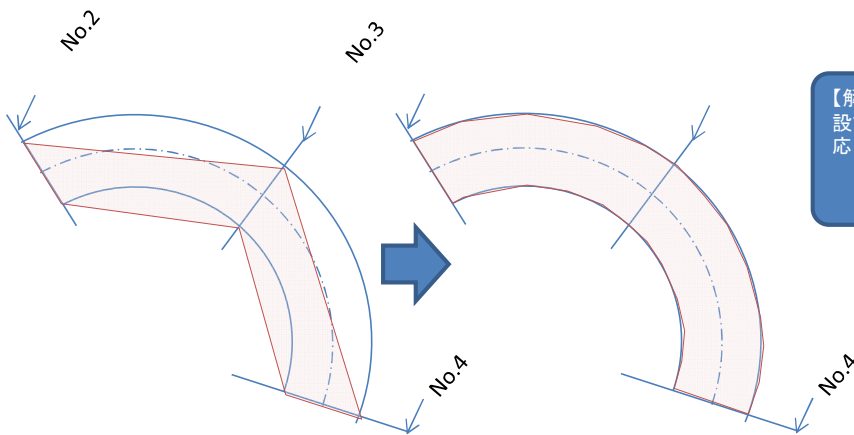
## 解説②：3次元設計データの作成【施工者】

～5.3次元設計データ作成時の実務内容～

- ① MC/MGバックホウで用いる最終仕上げの3次元設計データを作成する場合は、次のような点に注意しましょう。

### データ作成のイメージ例

設計データに曲線はありません。変化点毎に直線の連続に変換されるため、曲線部では細かな分割などを行います。曲線部の直線が細かくなりすぎると制御が不安定になりますので注意してください。

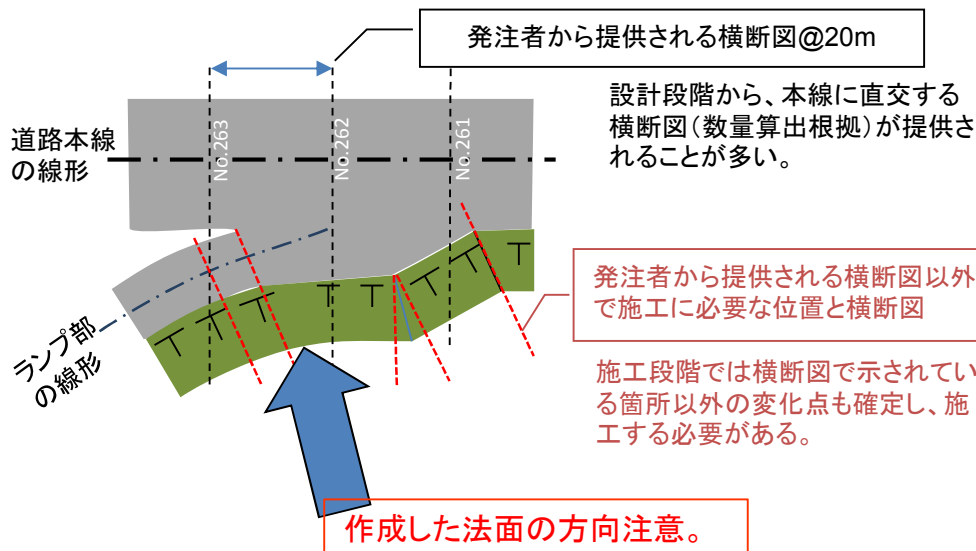


**【解説】**

設計図に記載されている横断面以外の場所でも必要に応じて断面図を作成したり、平面位置を追加する。

分割機能があるソフトウェアもあります。

横断面だけでなく、平面図で示される変化点についても全て座標として抽出します。3DCADやTS出来形などの線形情報と横断形状から作成したデータの場合は法面の方向に十分注意してください。



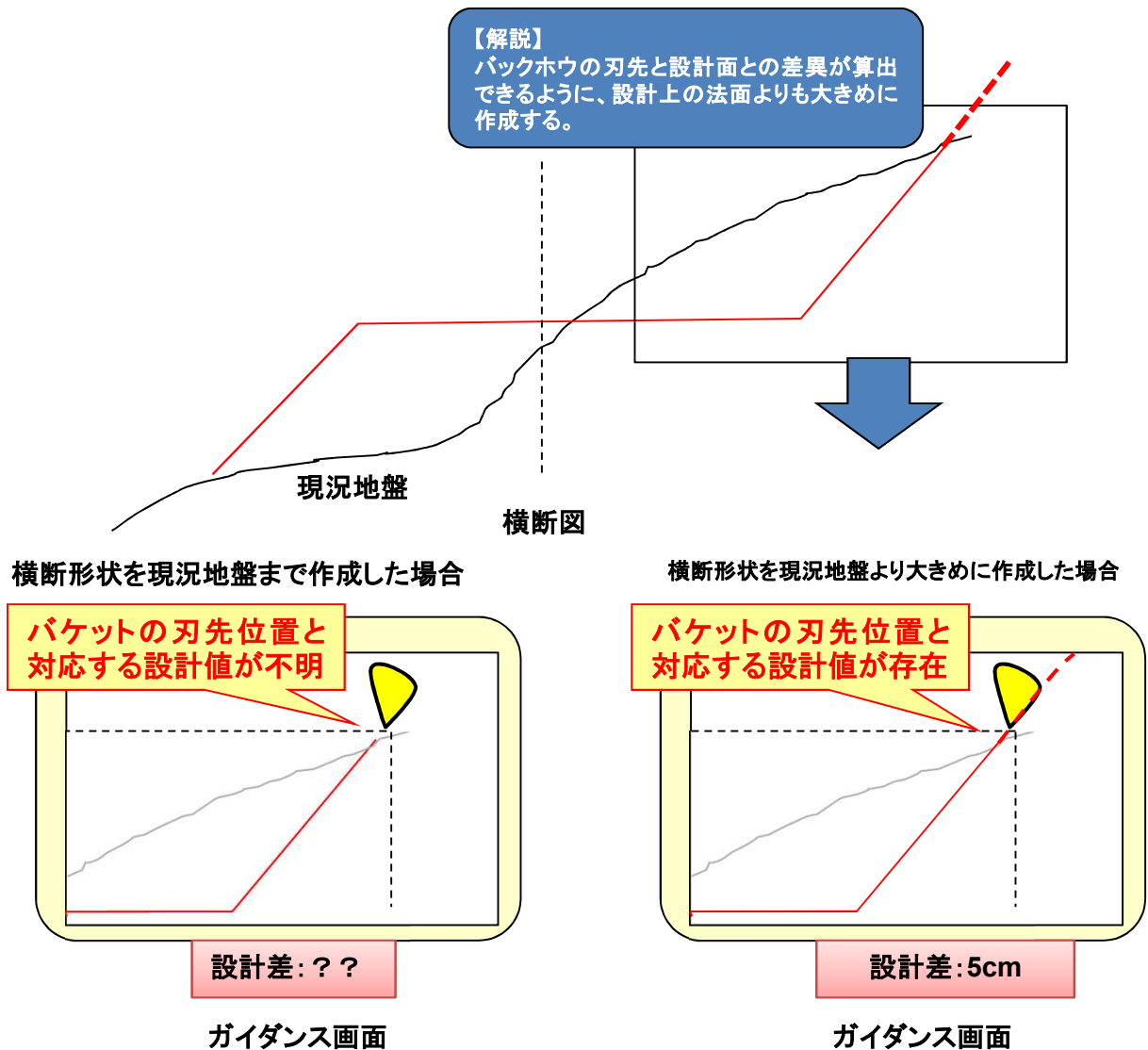
## 解説③：3次元設計データの作成【施工者】

～5.3次元設計データ作成時の実務内容～

- ① MC/MGバックホウで用いる最終仕上げの3次元設計データを作成する場合は、次のような点に注意しましょう。

### データ作成のイメージ例

MC/MGのシステムでは、バックホウの刃先に対応する設計面が存在しない場合、設計面とバックホウの刃先の差異を計算できないため、制御不能になる場合があります。法面等の横断形状(地盤との摺り付け部)は広めに作成しておく対応できます。



※ 設計面(破線部)を自動で延長するシステムも存在する。(メーカーに確認してください)

## 6. 機器取付・システム設定時の実務内容

### ▶ 機器取付、システム設定時の実務内容と解説事項

フロー	施工者の実務内容
<pre>graph TD; A[機器取付] --&gt; B[キャリブレーション]; B --&gt; C[精度確認];</pre>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 建設機械への機器取付(解説①) P29</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• キャリブレーション(解説②) P30</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• バケット刃先の位置精度の確認(解説③) P31</li></ul>



## 解説①：建設機械への機器取付【施工者】

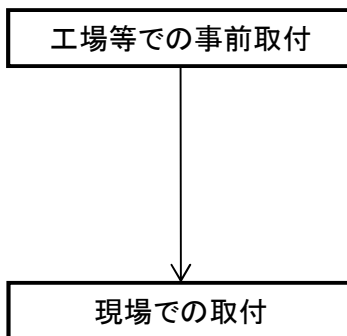
～6.機器取付・システム設定時の実務内容～

- ▶ MC/MGシステムの構成機器を建設機械に取付けます(利用するシステム毎に、詳細が異なっているので、各機器の取り扱い説明による)。

※ 機器等が取付済みの施工機械を購入またはリース・レンタルする場合は、実施することがない。

### 主な機器取付の内容

#### 機器取付の流れ



- バケット・ブーム・アームを制御するバルブ
- センサ類
- 各機器を接続するケーブル
- コントロールボックスやポール等の建設機械への取付のためのブラケット(取付用台座)

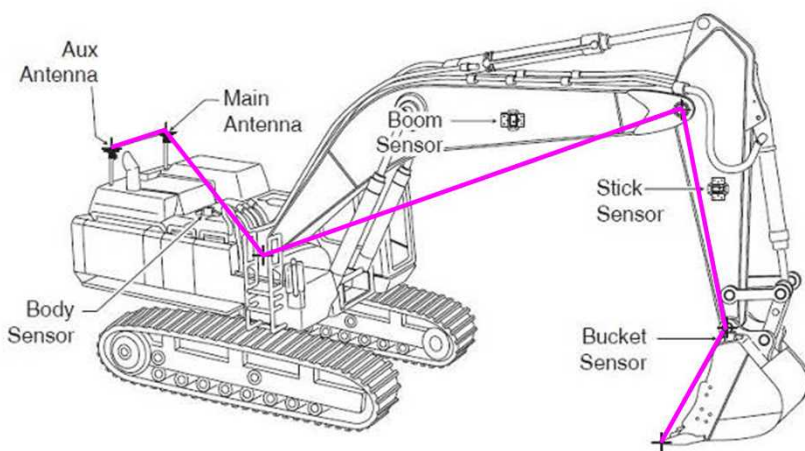
#### 【車内への機器取付け】

- 車載PC(コントロールボックス)  
※ケーブルでバルブ、センサ類と接続する
- 無線受信器  
※ケーブルで車載PCと接続する

#### 【車外への機器取付け】

- 全周プリズム(ポール付き)(TSの場合)
- GNSSアンテナ(GNSSの場合)

#### 車内への機器取付状況



#### 車外への機器取付



各種センサーが作業中に破損、落下しないように設置。センサは専用の台座を溶接します。

※ 機器メーカーやリース・レンタル会社では、機器購入者、リース・レンタル者を対象に有償又は無償で機器取付、キャリブレーション等を実施している。

※ センサが最初から車体に内蔵されているものもある。

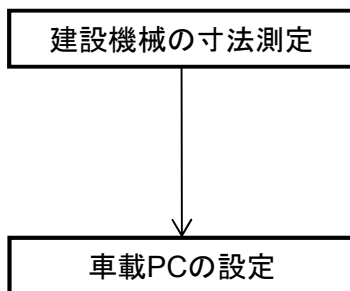
## 解説②：キャリブレーション【施工者】

～6. 機器取付・システム設定時の実務内容～

- ▶ 機器取付後、バケット・ブーム・アーム等の測定、各センサの設定を実施し、必要情報を車載PCへ入力します(利用するシステム毎に、手順が異なっているので、各機器の取り扱い説明による)。

### 主なキャリブレーションの内容

#### キャリブレーションの流れ



- 全周プリズム又はGNSSアンテナ中心からアーム寸法等各可動部のピン間の寸法・バケット寸法等を測定(バックホウ)

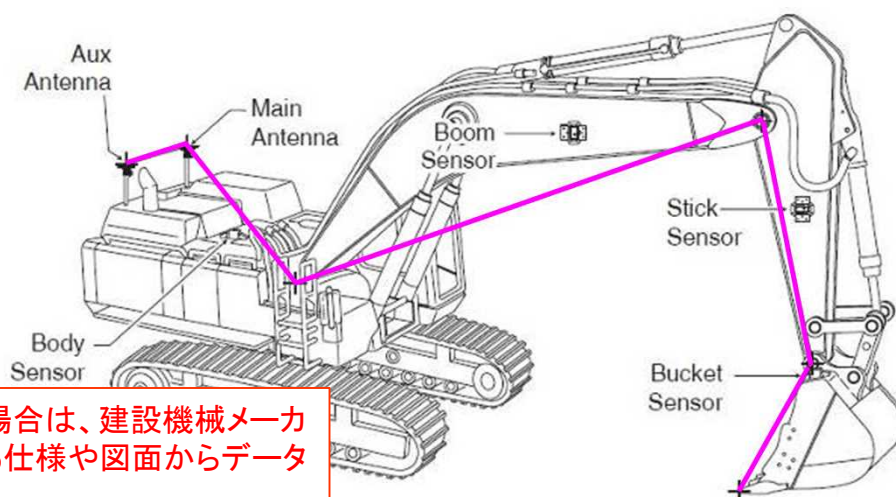
#### 【マシン設定】

- 建設機械の種類、センサ類のタイプ、建設機械の寸法を車載PCに入力

#### 【センサ設定】

- バケット・ブーム・アームの位置を調整し、各センサの値を車載PCに入力

#### GNSSアンテナからバケット刃先の測定状況



実測が困難な場合は、建設機械メーカーなどが提供する仕様や図面からデータを抽出します。

※ 機器メーカーやリース・レンタル会社では、機器購入者、リース・レンタル者を対象に有償又は無償で機器取付、キャリブレーション等を実施している。

## 解説③：バケット刃先等の位置精度の確認【施工者】

～6. 機器取付・システム設定時の実務内容～

- ▶ MC/MG (バックホウ) 技術では、ブーム・アーム・バケットの角度、バックホウ姿勢等をセンシングして刃先位置を求めているため、各センサを設置した段階で精度確認が必要です。
- ▶ センサの設置(初期設定)時には、バケット角度・バックホウの姿勢等、条件を変えながら、バケット位置を設計値に合わせ、車載PCに表示されている座標値とバケットの位置をTS等で測定した実測値との差分により確認します。

### 施工精度の確認方法 (MC/MG (バックホウ))

**確認方法イメージ**

車載PCに表示される座標値を確認

座標2(x2,y2,z2)

座標1(x1,y1,z1)

TS等によりバケットの座標値を計測

**車載PC表示座標と実測座標との差分を確認**

精度確認の要求精度は ±5cm以内であること

**確認状況**

TS(自動追尾)

**確認条件(例)**

	パラメータ(目標値)			試験数	備考
	バケット 標高位置	バケット 角度	バックホウ 姿勢		
Case1	0m	0度	0度	8点以上 (バケット距離:2条件、 本体向き:2条件とすると 全36データ)	バケット角度
Case2	0m	-60度	0度		
Case3	0m	60度	0度		バックホウ姿勢(ピッチ)
Case4	0m	0度	2.5度		
Case5	0m	0度	5.0度		バケット高さ
Case6	0m	0度	7.5度		
Case7	1m	0度	0度		
Case8	2m	0度	0度		

※ 施工履歴で出来高算出を行う場合、「施工履歴データによる土工の出来高算出要領(案)」に準じて精度確認の結果を、保管・管理すること。

## 7. 施工時の実務内容

### ▶ 施工時の実施内容と解説事項

本書の記載範囲

フロー	施工者の実務内容	監督職員の実務内容
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">始業前点検</div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 施工精度の確認・対処 (解説①) P33</li> </ul>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">施工</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 施工状況・結果の確認 (解説②) P34</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 技術提案事項の実施</li> <li>• 施工状況の把握</li> </ul>

## 解説①：施工精度の確認、対処【施工者】

～7.施工時の実務内容～

- ▶ 施工期間中、は作業開始前にバケット刃先の位置取得精度を適宜確認します。
- ▶ バケット刃先の位置取得精度が低下している場合、要因を確認し、再度、「キャリブレーション」やねじの増し締め等の機器点検を実施します。

### 施工精度の簡易確認方法

施工精度の簡易確認状況



### バケット刃先の位置取得精度の低下要因

移動局(建設機械)側の要因

- (1) バケット刃先の摩耗による寸法の変化
- (2) 建設機械のピン支承の摩耗による機械ガタの増加
- (3) 全周囲プリズム(GNSSアンテナ)のねじの緩み、変形による設置位置のずれ、故障等
- (4) 無線受信アンテナのねじの緩み、変形による故障等
- (5) センサのねじの緩み、変形による設置位置のずれ、故障等
- (6) 機器取付用ケーブルの緩み、損傷等

基準局(TS又はGNSS)側の要因

- (1) 基準点の揺れ、振動
- (2) TS、GNSSアンテナ設置位置のずれ
- (3) TS、GNSSアンテナの故障、バッテリー切れ等
- (4) 無線送信装置の故障等、バッテリー切れ等

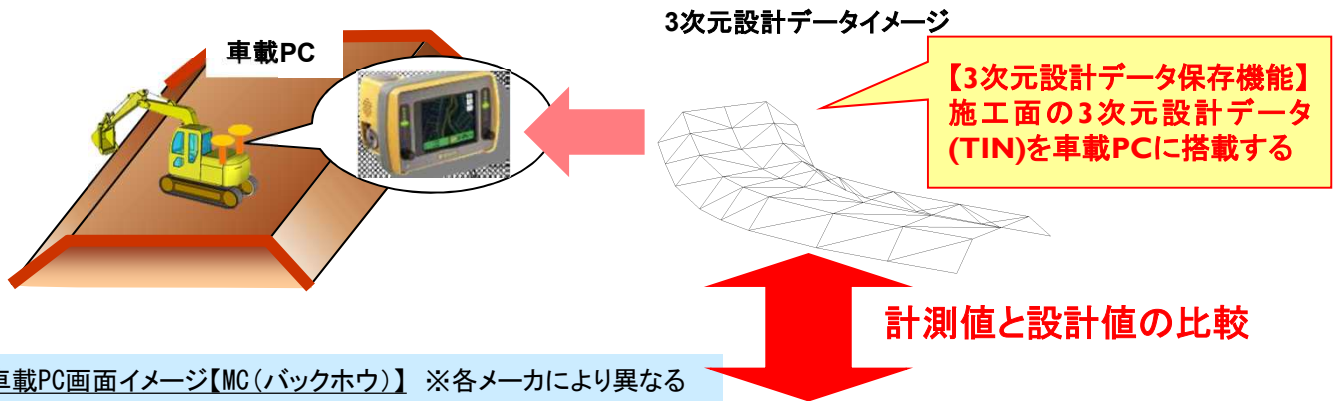


## 解説②：施工状況・結果の確認【施工者】

～7.施工時の実務内容～

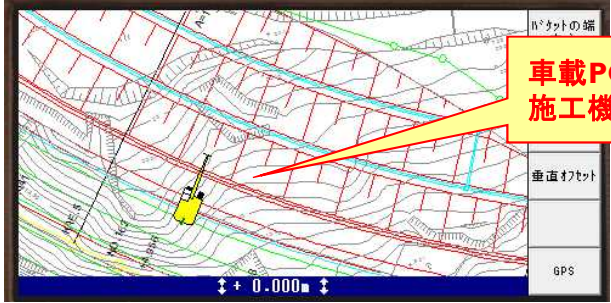
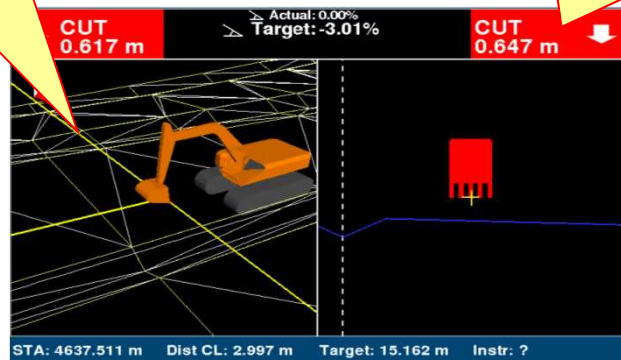
- ▶ MC/MGシステムの稼働状況と施工結果をシステム画面などで確認します。  
(比較対象となっている3次元設計データの内容を把握しておいてください。)

### システム画面での確認例 ※各メーカーのより異なる



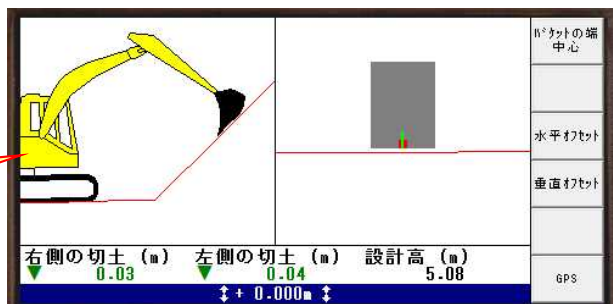
設計の3D形状も確認できる。  
背景に設計の平面図を入れることも可能

車載PCに表示される座標値を確認  
(バケットの左右で表示される場合が多い)  
○画面例では設計-647mm)



車載PCに搭載された設計データに対する  
施工機械位置をリアルタイムに提供

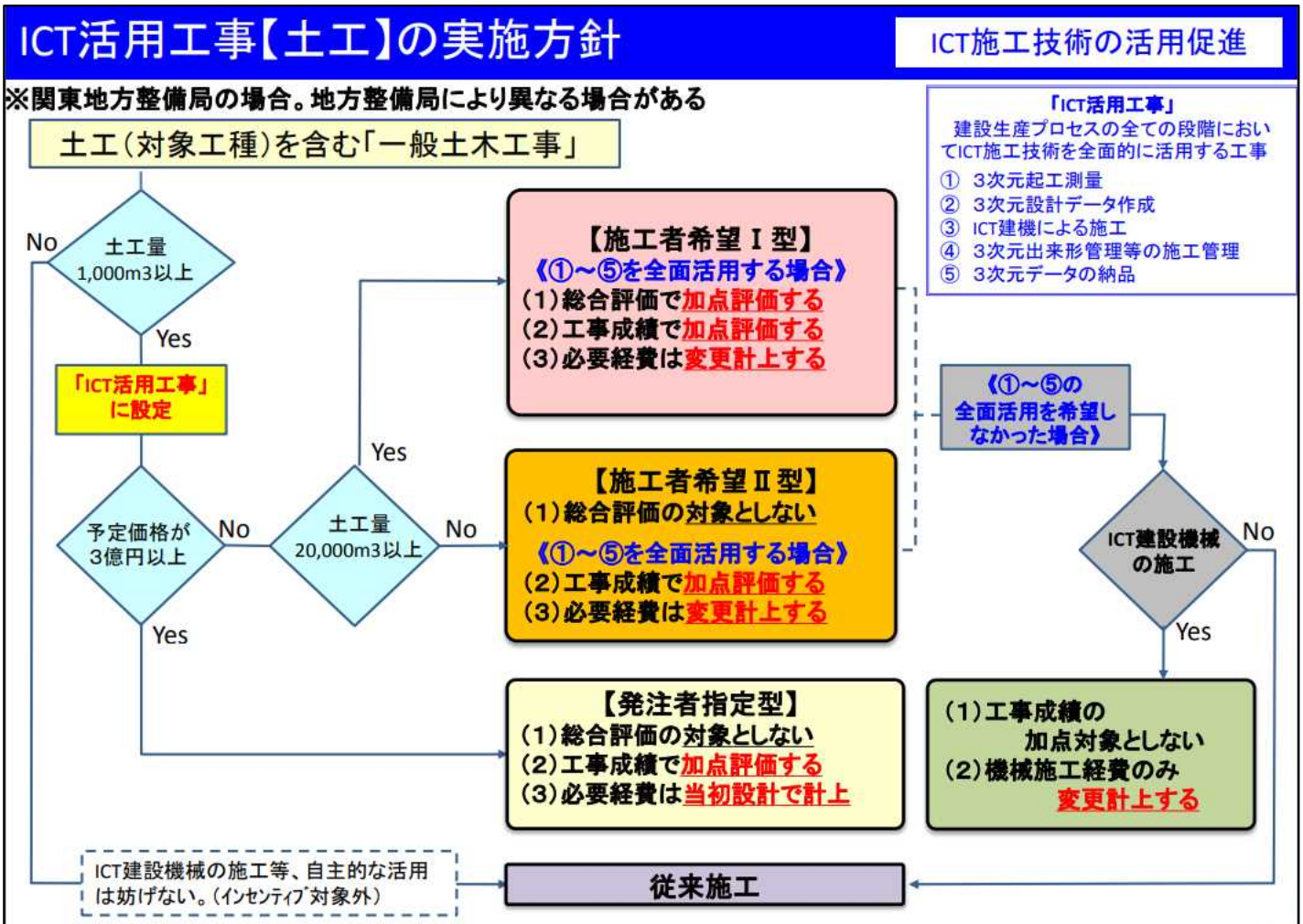
現在位置の切り出し位置や設計データに対するバケット位置の差分  
(切土目標値)をリアルタイムに提供



## 参考資料

1. ICT活用工事【土工】の実施方針
2. 情報化施工機器調達に関する支援制度
3. 用語集

【参考資料】1. ICT活用工事【土工】の実施方針



出展：第2回 ICT導入協議会資料 【資料-1-2】ICT活用工事の実施方針についてより抜粋

## 【参考資料】2. 情報化施工機器調達に関する支援制度

- ▶ 補助金(対象:ICT建設機械)
  - 省エネルギー型建設機械導入補助事業  
参考URL: <http://www.eco-kenki.jp/>
- ▶ 融資  
(対象:建設機械本体)
  - 環境・エネルギー対策資金(排出ガス・地球温暖化対策)  
参考URL: [https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/15\\_kankyoutaisaku.html](https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/15_kankyoutaisaku.html)  
(対象:後付けICT機器)
  - IT活用促進資金  
参考URL: [https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/11\\_itsikin\\_m.html](https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/11_itsikin_m.html)
- ▶ 税制(対象:すべての機器)
  - 中小企業等経営強化法  
参考URL: <http://www.chusho.meti.go.jp/keiei/kyoka/>

## 【参考資料】2 ①. 建設機械関係の「補助金」

ICTを搭載した建設機械の購入に際して各種への補助金が利用できません。内容や時期については適宜更新されているので各HPで確認が必要です。

## ICT建設機械関係の補助金・低利融資・税制優遇制度の例

H30.1.26現在

区分	制度	対象	実施機関	所管省庁	備考	
補助金	省エネルギー型建設機械導入補助事業(地球温暖化対策)	低燃費型(3つ星以上)のICT・ハイブリッド・電気駆動の建機	購入	(一財)製造科学技術センター	経済産業省	ICTとのセット販売された建機本体 ※H29予算:14.1億円 ※H30予算:12.7億円 ※H30.1.26時点執行率は75% ※H28年度は768件
	<a href="http://www.eco-kenki.jp/">http://www.eco-kenki.jp/</a>					
	サービス等生産性向上IT導入支援事業	ITツールのソフト本体、クラウドサービス、導入教育費用他	購入	民間団体等 〔事務局〕 〔公募中〕 (1/19~2/15)	経済産業省	ソフトウェアのみ ※H28補正:100億円 ICT土工のソフト導入にあたっての活用実績 →208件(1次公募分) ※H29補正:500億円
	<a href="http://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2017/hosei/pdf/pr_hosei.pdf">http://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2017/hosei/pdf/pr_hosei.pdf</a>					
	ものづくり・商業・サービス経営力向上支援事業	生産性向上に資する投資計画	購入	民間団体等 〔事務局〕 〔公募中〕 (1/5~1/24)	中小企業庁	投資計画に記載した機械設備等(建機本体の購入は除く) ※H28補正:763億円 ※H29補正:1000億円
	<a href="http://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2017/hosei/pdf/pr_hosei.pdf">http://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2017/hosei/pdf/pr_hosei.pdf</a>					

※上記の制度の概要については近畿地整HPで公開されています。

➡ <http://www.kkr.mlit.go.jp/plan/i-construction/index.html>



## 【参考資料】2 ②. 建設機械関係の「税制優遇」

建設機械関係の国税、地方税の減免あるいは固定資産税減免、法人税減免を受け取れる可能性があります。

内容や時期については適宜更新されているので各HPで確認が必要です。

## ICT建設機械関係の補助金・低利融資・税制優遇制度の例

H30. 1. 26現在

区分	制度	対象	実施機関	所管省庁	備考
税制優遇	生産性向上の実現のための臨時措置法(仮称)	生産性が年平均1%以上向上する建設機械、情報化施工機器等	導入促進計画を策定した市町村	中小企業庁	先端設備等導入計画を市町村に認定された機械設備等
	中小企業等経営強化法 <a href="http://www.chusho.meti.go.jp/keiei/kyoka/index.html">www.chusho.meti.go.jp/keiei/kyoka/index.html</a>		市町村		※H29末時点 経営力向上計画を認定件数 →1000件以上
	中小企業経営強化税制 <a href="http://www.chusho.meti.go.jp/keiei/kyoka/index.html">www.chusho.meti.go.jp/keiei/kyoka/index.html</a>	法人税、所得税、法人住民税、事業税	国(法人税、所得税)、都道府県(法人住民税、事業税)、市町村(法人住民税)		
	中小企業投資促進税制 <a href="http://www.chusho.meti.go.jp/zaimu/zeisei/2014/tyuusyoutyoutousisokusinzeisei.htm">www.chusho.meti.go.jp/zaimu/zeisei/2014/tyuusyoutyoutousisokusinzeisei.htm</a>	建設機械、情報化施工機器等			

※上記の制度の概要については近畿地整HPで公開されています。

➡ <http://www.kkr.mlit.go.jp/plan/i-construction/index.html>

## 【参考資料】2 ③. 建設機械関係の「融資」

建設機械関係の融資が受け取れる可能性があります。  
内容や時期については適宜更新されているので各HPで確認が必要です。

## ICT建設機械関係の補助金・低利融資・税制優遇制度の例

H30. 1. 26現在

区分	制度	対象	実施機関	所管省庁	備考	
融資	環境・エネルギー対策資金(排出ガス対策・地球温暖化対策)	オフロード法基準適合車、低炭素型・低燃費型建機	購入	日本政策金融公庫	中小企業庁	※貸付限度: <b>7億2千万円</b> (中小企業事業) <b>7千2百万円</b> (国民生活事業) ※貸付期間: <b>20年以内</b> ※貸付対象: <b>環境対策型建設機械の購入</b> <b>情報化施工機器の購入・賃借</b>
	<a href="https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/15_kankyoutaisaku.html">https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/15_kankyoutaisaku.html</a>	IT活用促進資金(企業活力強化貸し付け)	情報化施工機器(建機本体除く)等	購入、賃借	日本政策金融公庫	
					<a href="https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/11_itsikin_m.html">https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/11_itsikin_m.html</a>	

※上記の制度の概要については近畿地整HPで公開されています。

➡ <http://www.kkr.mlit.go.jp/plan/i-construction/index.html>

## 【参考資料】3. 用語集 1/2

用語	内容
TS	トータルステーション(Total Station)の略。1台の機械で角度(鉛直角・水平角)と距離を同時に測定することができる電子式測距測角儀のことである。計測した角度と距離から未知点の座標計算を瞬時に行うことができ、計測データの記録及び外部機器への出力ができる。
出来形管理用TS	現場での出来形の計測や確認を行うために必要なTS、TSに接続された情報機器(データコレクタ、携帯可能なコンピュータ)、及び情報機器に搭載する出来形管理用TSソフトウェアの一式のことである。
基本設計データ	基本設計データとは、設計図書に規定されている工事目的物の形状、出来形管理対象項目、工事基準点情報及び利用する座標系情報などのことである。基本設計データは、設計成果の線形計算書、平面図、縦断図及び横断図から3次元データ化したもので、(1)道路中心線形又は法線(平面線形、縦断線形)、(2)出来形横断面形状で構成される。
3次元設計データ	TIN(triangulated irregular network)(不等三角網)データと呼ばれ、「マシンコントロール(MC)/マシンガイダンス(MG)技術」でシステムに搭載する電子データ。
道路中心線形	道路の基準となる線形のこと。平面線形と縦断線形で定義され、基本設計データの一要素となる。
法線	堤防、河道及び構造物等の平面的な位置を示す線のこと。平面線形と縦断線形で定義され、基本設計データの一要素となる。
平面線形	平面線形は、道路中心線形又は法線を構成する要素の1つで、道路中心線形又は法線の平面的な形状を表している。平面線形の要素は、道路中心線形の場合、直線、円曲線、緩和曲線(クロソイド)で構成され、それぞれ端部の平面座標、要素長、回転方向、曲線半径、クロソイドのパラメータで定義される。
縦断線形	縦断線形は、道路中心線形又は法線を構成する要素の1つで、道路中心線形又は法線の縦断的な形状を表している。縦断形状を表す数値データは縦断図に示されており、縦断線形の要素は、道路中心線形の場合、縦断勾配変位点の起点からの距離と標高、勾配、縦断曲線長又は縦断曲線の半径で定義される。
出来形横断面形状	平面線形に直交する断面での、土工仕上がり、法面等の形状である。現行では、横断図として示されている。
出来形計測データ	出来形管理用TSで計測した3次元座標値及び計測地点(法肩や法尻など)の記号を付加したデータのことをいう。出来形計測データと基本設計データとの対比により、出来形管理を行う。

## 【参考資料】3. 用語集 2/2

用語	内容
基本設計データ作成ソフトウェア	従来の紙図面等から判読できる道路中心線形又は法線、横断形状等の数値を入力することで、基本設計データを作成することができるソフトウェアの総称。
GNSS	GPS(米)、GLONASS(露)、GALILEO(EU計画中)など、人工衛星を利用した測位システムの総称。 情報化施工にて取り扱うGNSSは、移動局の位置座標を正確に測定する必要があることから、リアルキネマティック(RTK-GNSS)測位手法を基本とする。
RTK-GNSS(リアルタイムキネマティック)	計測位置のGNSS(移動局)と、既知点に設置したGNSS(基準局)の2台を用いて、実時間(リアルタイム)で基線解析を行うことで、より高精度に計測位置の座標を取得できる装置。
3次元設計データ	「マシンコントロール(MC)/マシンガイダンス(MG)技術」でシステムに搭載する電子データ。
XML	eXtensible Markup Languageの略称。 コンピュータ言語の一種。