

# I C T 活用工事の手引き

## (受注者向け)

令和4年3月暫定版

近畿地方整備局

## はじめに

国土交通省が推進する i-Construction の一つとして、平成28年度より ICT活用工事が実施されている。ICT活用工事では、3次元設計データと、3次元計測技術、ICT施工、3次元出来形管理を組み合わせて利用することで作業の効率化が期待されている。

また、ICT活用工事の実施にあたって、ICT活用工事の実施要領、3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）が定められている。

この「ICT活用工事の手引き（受注者向け）」は、ICT活用工事に取り組む受注者支援として、これらの実施要領や出来形管理要領（案）等の解説と、要領類では記載されていないICT活用工事で利用する機器の取り扱いに関する留意事項をとりまとめたものである。

### <暫定版>

R03年度は、過年度までに作成されている手引きを整理し、ICT活用工事で実施されている工種や技術との対比を行うことで、既存資料の更新と今後の整備方針のとりまとめを行った。

ICT活用工事の適用工種や適用技術は、年々更新されていることから、本手引きも、定期的に更新されることが必要である。

体系図（利用場面・対象一覧）

| 受注者向け手引・現場対応集・テキスト                         |  | 更新年度       | 利用場面 |       |     |      | 利用対象   |       |        | 対象要領等 |      |             |                  |    |
|--|--|------------|------|-------|-----|------|--------|-------|--------|-------|------|-------------|------------------|----|
|  |  |            | 受注前  | 施工計画時 | 施工中 | 検査納品 | ICT未経験 | ICT初回 | ICT経験者 | 出来形管理 | 建設機械 | 実施方針        |                  |    |
| ICT施工                                      | 手引                                       |            |      |       |     |      |        |       |        |       |      |             |                  |    |
|  | 施工計画立案の手引き                               | R2         | ○    |       |     |      |        |       | ○      |       |      |             | 土工ICTBH<br>ICTBD | 土工 |
|  | 助画<br>テキスト                               | R2         | ○    | ○     |     |      |        | ○     | ○      |       |      |             |                  |    |
|  | ICT建設機械<br>の手引き                          | H29        | ○    | ○     | ○   |      |        | ○     |        |       |      |             | 土工<br>ICTBH      |    |
|  | マシンコントロール技術(モータグレーダ<br>編)の手引き【施工者用】      | H29        | ○    | ○     | ○   |      |        | ○     |        |       |      |             | 舗装<br>ICTグレーダ    |    |
| マシンコントロール/マシンガイダンス技<br>術(ブルドーザ編)の手引き【施工者用】 | H29                                      | ○          | ○    | ○     |     |      | ○      |       |        |       |      | 土工<br>ICTBD |                  |    |
| 現場対応集・事例集                                  | ICT活用工事におけるQ&A集(現場対応集)                   | R2<br>(R3) | ○    | ○     | ○   | ○    |        |       | ○      | ○     |      |             | 土工ICTBH<br>ICTBD | 土工 |
|  | ICT活用事例                                  | R2<br>(R3) | ○    | ○     | ○   |      |        |       | ○      | ○     |      |             | 土工ICTBH<br>ICTBD | 土工 |
|  | 助画<br>テキスト                               | R2         | ○    | ○     | ○   |      |        |       | ○      | ○     |      |             |                  |    |
|  | 門型丁張り設置(近技版)                             | R2         | ○    | ○     | ○   |      |        |       | ○      | ○     |      |             |                  |    |
|  | 切り出し位置+2DMG                              | R2         | ○    | ○     | ○   |      |        |       | ○      | ○     |      |             |                  |    |
| ICT建設機械<br>の現場対応集                          | マシンコントロール/マシンガイダンス<br>バックホウの現場対応集【施工者向け】 | H29        | ○    | ○     | ○   |      |        |       | ○      | ○     |      |             | 土工<br>ICTBH      |    |
|  | マシンコントロールグレーダの現場対応集<br>【施工者向け】           | H29        | ○    | ○     | ○   |      |        |       | ○      | ○     |      |             | 舗装<br>ICTグレーダ    |    |
|  | マシンコントロール/マシンガイダンスブ<br>ルドーザの現場対応集【施工者向け】 | H29        | ○    | ○     | ○   |      |        |       | ○      | ○     |      |             | 土工<br>ICTBD      |    |
| その他  | ICT活用可能技術一覧表                             | R2         | ○    |       |     |      |        |       |        |       |      |             | ICT建機            |    |
|  | ICT導入PR資料(仮)                             | (R3)       | ○    |       |     |      |        |       | ○      |       |      |             |                  |    |

## 目 次

|  |       |
|--|-------|
| <b>第1編 手引き</b> .....                                 | 1-1   |
| 1. 施工計画立案の手引き .....                                  | 1-2   |
| 2. ICT建設機械の手引き .....                                 | 1-39  |
| 2.1 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】<br>.....  | 1-39  |
| 2.2 マシンコントロール技術（モータグレーダ編）の手引き【施工者用】 .....            | 1-82  |
| 2.3 マシンコントロール/マシンガイダンス技術（ブルドーザー編）の手引書【施工者用】<br>..... | 1-119 |
| <b>第2編 現場対応集・事例集</b> .....                           | 2-1   |
| 1. ICT活用工事におけるQ&A集（現場対応集） .....                      | 2-2   |
| 2. ICT活用事例 .....                                     | 2-7   |
| 3. ICT建設機械の現場対応集 .....                               | 2-10  |
| 3.1 マシンコントロール/マシンガイダンスバックホウの現場対応集【施工者向け】 .....       | 2-10  |
| 3.2 マシンコントロールグレーダの現場対応集【施工者向け】 .....                 | 2-36  |
| 3.3 マシンコントロール/マシンガイダンスブルドーザの現場対応集【施工者向け】 .....       | 2-61  |
| <b>第3編 その他</b> .....                                 | 3-1   |
| 1. ICT活用可能技術一覧表 .....                                | 3-3   |
| 2. ICT導入PR資料（仮） .....                                | 3-5   |

## 第1編 手引き

---

## 1. 施工計画立案の手引き

## 1. 施工計画立案の手引き

本手引きの構成と活用について：

ICTを活用した生産性向上を効果的に実現するためには、多様な現場条件及びICT活用の目的（コスト削減、省人化、品質向上、安全性向上）に合わせたICT活用計画の作成が重要となっています。

本手引きは、ICT施工の実施に先立って、効率的なICT活用計画を検討する際の留意事項を整理したものです。

また、参考として施工計画書の作成事例を掲載しています。

※本手引き（案）は、これからICT活用工事に取り組む施工者支援ツールとして整理したものです。

※本手引き（案）は、令和2年3月末時点の基準類を参照して作成されています。

## もくじ

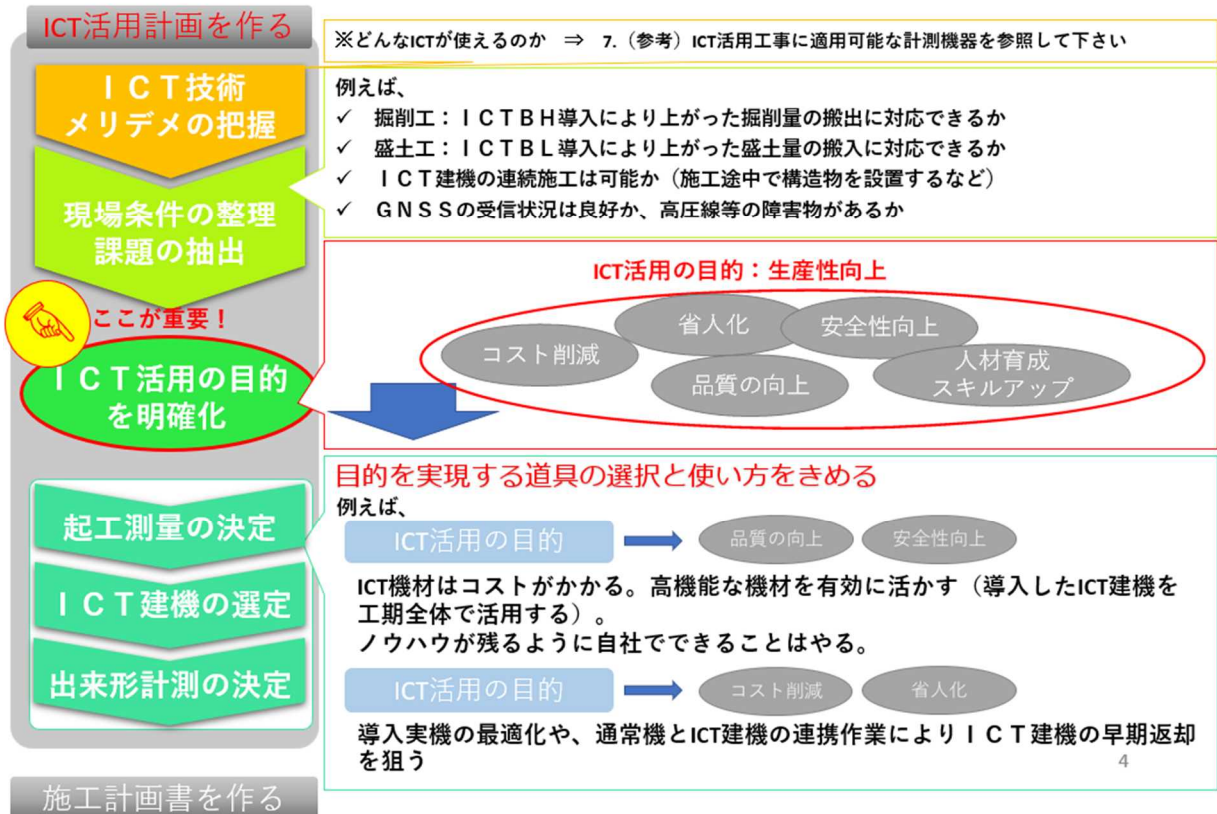
|                             |                          |           |
|-----------------------------|--------------------------|-----------|
| 1. ICT活用工事の施工計画立案のフロー       | .....                    | P 3~P 5   |
| 2. ICT活用計画立案（例）             | .....                    | P 6~P 17  |
| ステップ1                       | ：現場条件の整理・課題の抽出           |           |
| ステップ2-1                     | ：施工方法の整理（現場条件）           |           |
| ステップ2-2                     | ：施工方法の整理（積算）             |           |
| ステップ3                       | ：ICT活用の目的の明確化            |           |
| ステップ4-1                     | ：目的別の機器選定（計測機器）          |           |
| ステップ4-2                     | ：計測範囲の決定（起工測量）           |           |
| ステップ4-3                     | ：計測範囲の決定（出来形計測）          |           |
| ステップ5-1                     | ：現場条件と抽出した課題の整理          |           |
| ステップ5-2                     | ：条件と課題を整理したICT活用計画（案）の立案 |           |
| ステップ5-3                     | ：目的に合ったICT活用計画の決定        |           |
| 3. ICT舗装工の留意点               | .....                    | P 18~P 19 |
| 4. 使用する機器と必要書類と施工計画書の主な記載事項 | .....                    | P 20~P 28 |
| 5. 施工計画書の記載例（UAV）           | .....                    | P 29~P 38 |
| 6. （参考）課題から検索する現場事例集        | .....                    | P 39~P 59 |
| 7. （参考）ICT活用工事に適用可能な計測機器    | .....                    | P 60~P 62 |
| 8. （参考）ICT活用工事に適用可能な建機      | .....                    | P 63~P 64 |
| 9. （参考）ICT活用工事の関連要領一覧       | .....                    | P 65~P 67 |

## 1. ICT活用工事の施工計画立案のフロー

ポイント：施工計画書を作る前に確認しましょう。

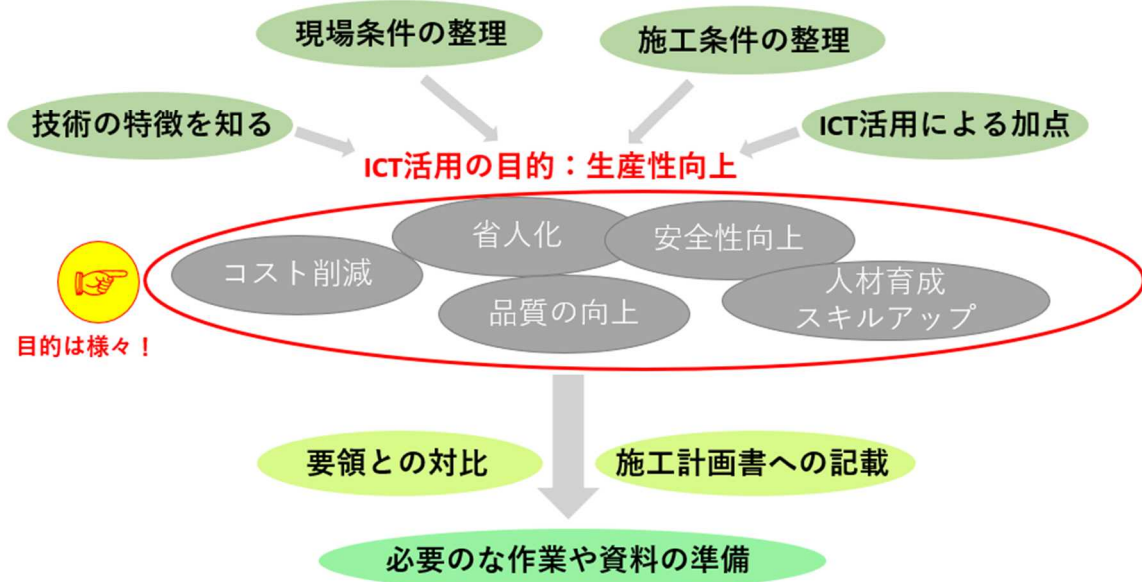
3

### ICT活用工事の施工計画立案のフロー





## ICT活用計画のポイント



ICT活用により、実現したい効果を明確にする。  
現場条件や施工条件を整理し、どんなICTが使えるか計画する。

## 2. ICT活用計画立案例

6

### ICT活用計画立案のポイント

■本手引きでは、P 8～P 17において、ICT活用計画立案までの手順を以下のステップとして解説する。

ステップ1：現場条件の整理・課題の抽出

ステップ2-1：施工方法の整理（現場条件）

ステップ2-2：施工方法の整理（積算）

ステップ3：目的の明確化

ステップ4：目的別の機器選定（計測機器）

ステップ5-1：現場条件と抽出した課題の整理

ステップ5-2：条件と課題を整理したICT活用計画（案）の立案

ステップ5-3：目的に合ったICT活用計画の決定

ステップ6：計測範囲の決定（起工測量）

ステップ7：計測範囲の決定（出来形計測）

ICT活用計画の検討  
施工計画書への記載は不要

施工計画書へ記載

7

## (例) ステップ1：現場条件等の整理・課題の抽出

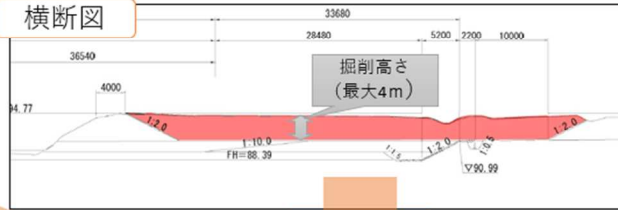
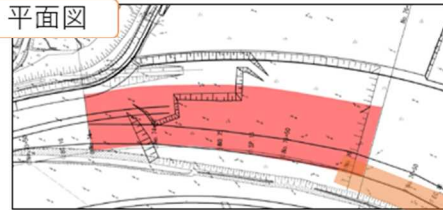
### ステップ1：現場条件の整理・課題の抽出

#### 河川土工（主な工種と施工数量）

- ・ 施工延長 = 220m ・ 掘削 = 約31,500m<sup>3</sup>
- ・ 法面整形（切土部） = 2,336m<sup>2</sup> ・ 底部整形 = 11,220m<sup>2</sup> ・ 種子吹付工 = 2,336m<sup>2</sup>

現場条件を整理しましょう。

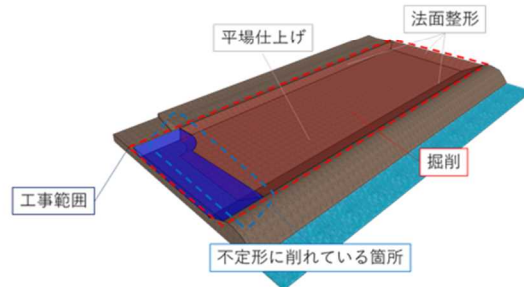
※よくある現場条件への対応事例は「6.(参考)課題から検索する現場事例集」を参照してください。



#### 現場条件※

- ✓ 上空は開けていて、**高圧線や構造物等の障害もない**（現場環境）
- ✓ 遮るものが無い為、**風が強い**（気候）
- ✓ ほとんどが**平坦な地形**だが一部、**現況地形が不定形**である（数量算出）
- ✓ **掘削高さが最大で4m**ある（掘削）
- ✓ 掘削部の中央部では**ICT建機による精緻な施工は不要**（掘削）
- ✓ 法面部は**種子吹付による仕上げ**となる（計測時期）

#### 3Dビュー



8

## (例) ステップ2：現場条件等の整理・課題の抽出

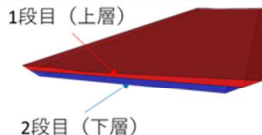
### ステップ2-1：施工方法の整理（現場条件）

※試算条件 1) 掘削高さ最大4mということから**2段階掘削**を想定  
2) 2段階掘削の各段の施工数量を試算

施工の段取りを整理しましょう。

※よくある現場条件への対応事例は「6.(参考)課題から検索する現場事例集」を参照してください。

#### 1) 施工方法を考える



施工数量を試算

|      | 1段目                  | 2段目                  |
|------|----------------------|----------------------|
| 粗掘削  | 16,630m <sup>3</sup> | 14,870m <sup>3</sup> |
| 法面整形 | 1,680m <sup>2</sup>  | 1,680m <sup>2</sup>  |
| 底部整形 |                      | 11,220m <sup>2</sup> |

#### 2) 導入建機（想定）と施工数量と標準作業量

##### ①導入する建機（想定）と対象施工数量

|      | 1段目                  | 2段目                  |
|------|----------------------|----------------------|
| 粗掘削  | 16,630m <sup>3</sup> | 14,870m <sup>3</sup> |
| 法面整形 | 1,680m <sup>2</sup>  | 1,680m <sup>2</sup>  |
| 底部整形 |                      | 11,220m <sup>2</sup> |

→ 通常建機 (1.4m<sup>3</sup>)  
→ ICT建機 (0.8m<sup>3</sup>)

##### ②標準作業量

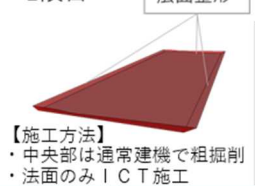
- ・ ICT建機 (0.8m<sup>3</sup>) = 掘削350m<sup>3</sup>、法面整形154m<sup>2</sup> ※想定値
- ・ 通常建機 (1.4m<sup>3</sup>) = 掘削500m<sup>3</sup>

##### ③必要作業日数

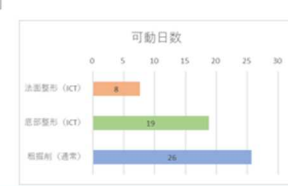
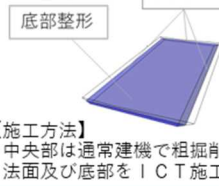
| 1段目        |    | 2段目        |    |
|------------|----|------------|----|
| 作業         | 日  | 作業         | 日  |
| 法面整形 (ICT) | 8  | 法面整形 (ICT) | 8  |
| 粗掘削 (通常)   | 29 | 底部整形 (ICT) | 19 |
|            |    | 粗掘削 (通常)   | 26 |

#### 3) 2) の条件から作業日数を試算 → 課題を抽出

##### ・1段目



##### ・2段目



**課題** 着手当初からICT建機を導入すると、十分な法面整形の施工量が確保できない。粗掘削や通常建機の従作業を行うこととなる。

# (例) ICT活用計画立案：積算から考えるICT建機の稼働日数

## ステップ2-2：施工方法の整理（積算） 費用面について整理しましょう。

1) 本現場で計上されているICT建機の稼働日数

| 施工日数       | 割合   |
|------------|------|
| 20日未満      | 100% |
| 20日以上60日未満 | 50%  |
| 60日以上      | 25%  |

※実施方針別紙-6 ICT活用工事（土工）積算要領より抜粋  
 ■施工数量と標準作業量  
 ・施工数量：掘削＝約31,500m3、法面整形＝2,336m2  
 ・標準作業量：掘削350m3、法面整形154m2

本現場の計上割合  
 掘削工：50%  
 法面整形工：100%

【ICT積算による増工分により稼働日数（見込）】  
 掘削 約7,500m3 → 21日  
 +  
 法面整形 約2,336m2 → 15日

**【ICT積算による増工】  
36日（約1か月半）**

2) 1) に対して本現場で想定しているICT建機の稼働日数

ICT建機による施工 約35日間  
 ※（粗掘削直後に整形を実施し、同日に掘削及び整形を完了とした想定）  
 ・通常建機による施工（ICT建機の最低拘束日数）  
 = 約55日間

**ICT積算により見込まれている増工分を超えてしまう。**

- 課題**
- ICT積算の増工分から試算した施工日数は約1か月半となるため、ICT建機の拘束日数を1か月半として計画する必要がある。 10
  - 想定しているICT活用計画では、ICT積算により見込まれている増工分（日数）を超えてしまう。

# (例) ステップ3：ICT活用の目的の明確化

## ステップ3：目的の明確化

ICT活用が目的とすることは「生産性向上」

生産性（せいさんせい、Productivity）とは、経済学で生産活動に対する生産要素（労働・資本など）の寄与度、あるいは、資源から付加価値を産み出す際の効率の程度のことを指す。一定の資源からどれだけ多くの付加価値を産み出せるかという測定法と、一定の付加価値をどれだけ少ない資源で産み出せるかという測定法がある。

生産性 - Wikipedia  
<https://ja.wikipedia.org/wiki/生産性>



**ICT活用により得たい効果を明確にし、目的に沿った計画を立てることが重要**

- ※用語の定義
- 省人化、安全性、品質の向上：ICTの導入（計測・建機）により見込める効果
  - コスト削減：ICT活用をフルスペックで実施した場合に対する削減効果。
  - フルスペックとは：ICT活用工事の①から⑤のすべてを実施するICT活用工事のこと。 11

## (例) ステップ4 : ICT活用目的別ICT活用計画 (計測機器)

### ステップ4-1 : 目的別の機器選定 (計測機器)

※どんなICTが使えるのか → 7. (参考) ICT活用工事に適用可能な計測機器を参照して下さい

#### 達成手段としてのICT (起工、出来形計測)

使うICT

使う範囲・時期

人材

#### 達成すべき事項 (起工、出来形計測)

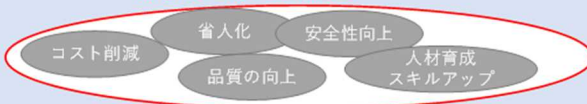
例えば

①現況地形のほとんどが平坦である場合、TSで変化点を数点計測したデータで作成したTINデータを使用した数量算出結果でも支障は無い。

②法面整形後に種子吹付を順次施工するため、施工に合わせて順次出来形管理が必要。

#### 導入目的

ICT活用の目的：生産性向上



#### 現場条件 (起工、出来形計測)

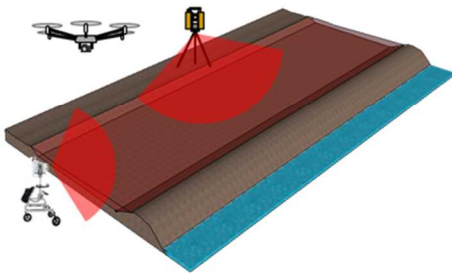
- ✓ 上空は開けていて、**高圧線や構造物等の障害もない**(起工測量・出来形計測)
- ✓ 遮るものが無い為、**風が強い**(起工測量・出来形計測)
- ✓ ほとんどが**平坦な地形だが一部、現況地形が不定形である**(起工測量)
- ✓ 法面部は**種子吹付による仕上げ**となる(出来形計測)

12

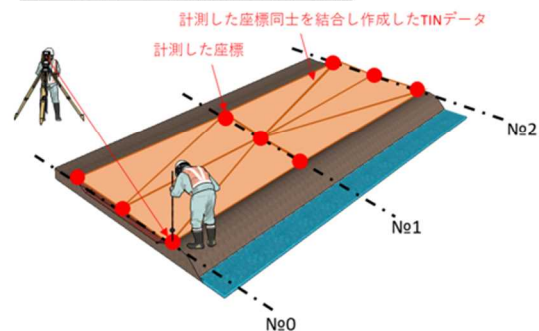
## (例) ステップ4 : 計測範囲の決定 (起工測量)

### ステップ4-2 : 計測範囲の決定 (起工測量)

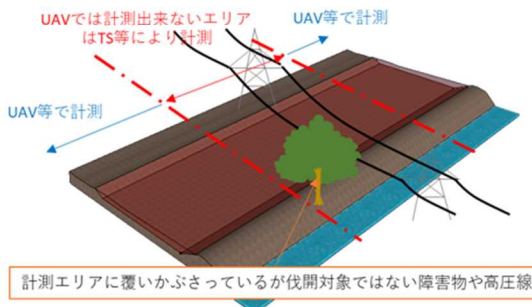
#### 1) 全面的に点群計測を行う場合



#### 2) TS等により計測を行う場合



※ (例) 点群計測とTS等の補間計測を複合する場合  
一部、高圧線や木があり計測できない場合など



#### ■起工測量における緩和措置

##### 2) 起工測量計測データの作成

受注者は、計測した点群座標の不要点削除が終了した計測点群データを対象にTINを配置し、起工測量計測データを作成する。自動でTINを配置した場合に、現場の地形と異なる場合は、TINの結合方法を手動で変更してもよい。また、管理断面間隔より狭い範囲においては、点群座標が存在しない場合は、数量算出において平均断面法と同等の計算結果が得られるようにTINで補間してもよいものとする。

※空中写真測量を用いた出来形管理要領 一部抜粋

ICTは万能ではない。効率よくICT活用を推進する対応が整備されている。

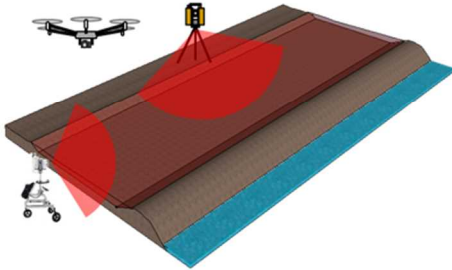
**点群座標が取得できない場合においては、管理断面間隔より狭い範囲でTSによる補間計測が認められている。**

13

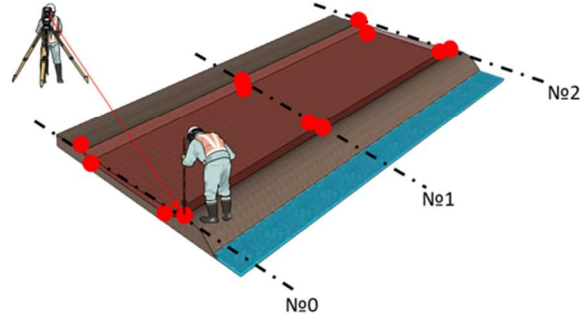
## (例) ステップ4 : ICT活用目的別ICT活用計画

### ステップ4-3 : 計測範囲の決定 (出来形計測)

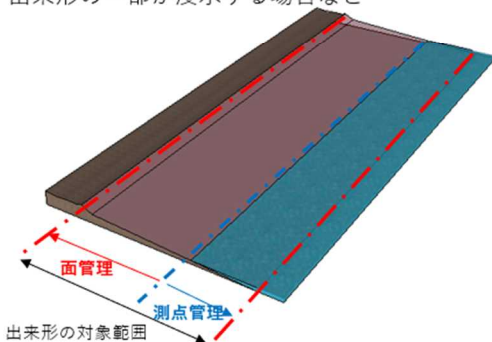
#### 1) 全面的に面管理を行う場合



#### 2) 全面的に測点管理を行う場合



※ (例) 面管理と測点管理が複合する場合  
出来形の一部が浸水する場合など



#### ■ 出来形計測における緩和措置

受注者は、河川・海岸・砂防・道路土工の出来形管理については、面管理で行うこととするが、出来形管理のタイミングが複数回にわたることにより一度の計測面積が限定される等、面管理が非効率になる場合は、監督職員との協議の上、①～⑨を適用することなく、管理断面による出来形管理を行ってもよい。ただし、完成検査直前の工事竣工段階の地形について出来形計測を行い、⑤によって納品するものとする。

※空中写真測量を用いた出来形管理要領 一部抜粋

ICTは万能ではない。効率よくICT活用を推進する対応が整備されている。

**面管理が非効率あるいは適用できない場合については、従来やTS等による測点管理も認められている。**

14

## (例) ステップ5-1 : ICT活用目的別ICT活用計画 (建機)

### ステップ5-1 : 現場条件と抽出した課題の整理

#### 現場条件

1. 掘削高さが最大で4 mある
2. 掘削の中央部ではICT建機による精緻な施工は不要
3. ICT建機の導入時期の最適化と日当たり施工量 (整形) の確保が重要となる。

#### 課題

1. 着手当初からICT建機を導入すると、十分な法面整形の施工量が確保できない。ICT建機で粗掘削や通常建機の従作業を行うこととなる。
2. ICT積算の増工分から試算した施工日数は約1か月半となるため、ICT建機の拘束日数を1か月で計画する必要がある。
3. 想定しているICT活用計画では、ICT積算により見込まれている増工分 (日数) を超えてしまう。

#### 整理のポイント

着手当初からICT建機を導入した場合、積算で見込まれている稼働日数を超えた拘束日数分は自己負担となる可能性が高いため、

(A案) 1か月半で施工を完了させる工程を計画する。

(B案) 1か月半で有効に活用できる工程を計画する。

あるいは、

(C案) 工期全体でICT建機を活用し、安全性の向上、品質の向上を狙った計画を立てる。

加えて、各案で見込まれるメリット、デメリットも整理する。

15

次頁へ

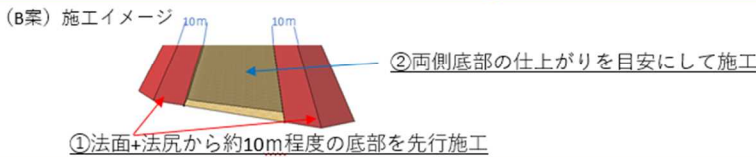
## (例) ステップ5-2 : ICT活用目的別ICT活用計画 (建機)

### ステップ5-2 : 条件と課題を整理したICT活用計画 (案) の立案

#### ICT活用計画 (案)

| (A案) ICTバックホウ (0.8m) + 通常のバックホウ (1.4m) の検討 (2段目からICTバックホウを導入)   |   |  |
|---|---|--|
| 施工方法  | メリット  | デメリット  |
| 1段目: 切出しの位置を3次元設計データを活用した位置出しを行い、通常のバックホウ (1.4m) で掘削を行い、ICTバックホウを導入し法面整形を行う。<br>2段目: 掘削時は通常のバックホウの能力を最大限に発揮させる。底部+法面の整形時はICTバックホウで底部の目印掘削を行うことで、通常のバックホウの丁張レシ工を補助しながら整形+確認を行うことで、工期短縮を狙う。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>ICTバックホウの拘束期間の短縮</li> <li>2段目の通常バックホウの補助掘削</li> <li>1、2段目の出来形チェック</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>1段目の位置出しや丁張り設置が必要となる。</li> <li>1段目の掘削時の施工量が下がる。</li> <li>1段目に荷振り用のバックホウが必要となる可能性あり</li> </ul> |

| (B案) ICTバックホウ (0.8m) + 通常のバックホウ (1.4m) の検討 (1段目からICTバックホウを導入し2段目の施工中に返却)                    |   |   |
|---|---|---|
| 施工方法  | メリット  | デメリット   |
| 1・2段目の法面整形と法尻から10m程度の底部整形を先行して施工しICTバックホウを返却する。その後、中央部の掘削及び底部整形を行う。底部の整形は両側の仕上がりを目安にして施工する。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>切出し位置の先行掘削。</li> <li>ICTバックホウの早期返却によるコスト削減 (ICT拘束期間を1か月と想定)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>底部整形時、出来形チェックが出来ない。</li> <li>中央部の掘削時の施工量が下がる。</li> <li>底部整形はオペレータの技量が重要となる。</li> </ul> |



| (C案) ICTバックホウ (0.8m) + 通常のバックホウ (1.4m) の検討 (1段目からICTバックホウを導入)  |  |  |
|--|--|--|
| 施工方法   | メリット   | デメリット  |
| 1段目: ICTバックホウで先行のスリット掘削、及び法面整形+掘削の補助を行い、通常のバックホウを掘削時に注力させることで、工期短縮を狙う。<br>2段目: 掘削時は1段目と同様に通常のバックホウの能力を最大限に発揮させる。底部+法面の整形時はICTバックホウで底部の目印掘削を行うことで、通常のバックホウの丁張レシ工を補助しながら整形+確認を行うことで、工期短縮を狙う。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>切出し位置の先行掘削。</li> <li>1、2段目の通常バックホウの補助掘削。</li> <li>1、2段目の出来形チェック。</li> <li>・16日の短縮 (ICT拘束期間を2か月と想定)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>余剰拘束期間が発生する可能性がある。</li> <li>日当たりのダンプ台数の確保が重要となる。</li> </ul> |

次頁へ

## (例) ステップ5-3 : ICT活用目的別ICT活用計画 (建機)

### ステップ5-3 : 目的に合ったICT活用計画の決定

| 施工方法                                | 付加価値     |           |         | 工期短縮      |
|-------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------|
|                                     | 省人化      | 安全性向上     | 品質の向上   |           |
|                                     | 若手技術者の育成 | 知識の蓄積     | 中長期的な成長 |           |
| A案 (2段目からICT建機を導入)                  |          |           |         | <b>A案</b> |
| B案 (1段目からICT建機を導入し、2断面の途中でICT建機を返却) |          | <b>B案</b> |         | <b>B案</b> |
| C案 (1段目からICT建機を導入し、工期全体で活用)         |          | <b>C案</b> |         |           |

※コストの削減について、ICT建機を工事全体で活用すると工期短縮が可能となるが、ICT建機の費用については導入期間と比例してコスト高となる。ここでは、ICT建機を長期間導入すれば、工期短縮することとし、ICT建機の有効活用や導入時期の最適化によりICT建機分の拘束日数を削減したことをコスト削減する。

決定

様々なパターンの検討から、当該工事に最適な手法を選択しましょう。また、自社の経験やノウハウ、工事の人員体制やシステム・ソフトの所有環境、今後の展望を踏まえて活用プランを決定することが重要です。

### 3. ICT舗装工の留意点

18

## ICT舗装工の留意点（土工との違い）

### 1. データ処理上の違い

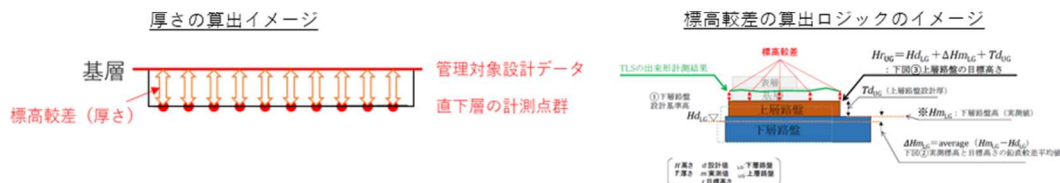
評価方法は厚さ標高較差の2種類のいずれかを選択可能。

#### ■厚さ管理の場合

直下層の計測値と管理対象面（上層設計面）との標高較差を厚さとする。

#### ■標高較差で実施する場合

標高較差は直下層の目標高さ（設計）+直下層の標高平均値+設計設計厚さ（上層）から求まる標高差により出来形の良否判定を行う。



### 2. 利用できる計測機器の違い

※本テキスト6.適用可能な計測機器を参照

土工と比べて高い計測精度が必要なため、計測機器が限定される。

### 3. ICT舗装工の留意点

|        |   |
|--------|---|
| データ処理難 | ・ 出来形評価を標高較差で実施する際に、下層の標高較差を設計に反映させる必要があるため、処理が難しい。                                     |
| 計測回数増  | ・ 出来形計測の際に施工エリア全体を一度に点群計測しようとする上層の施工が実施できないため、ある程度、細かく計測する必要がある。                        |
| 計測精度高  | ・ T L S で出来形計測を実施する場合、T S と比べて4mmの計測精度が必要となる。T S 等光波方式においても、基層及び表層の計測には1級以上の計測精度が必要となる。 |

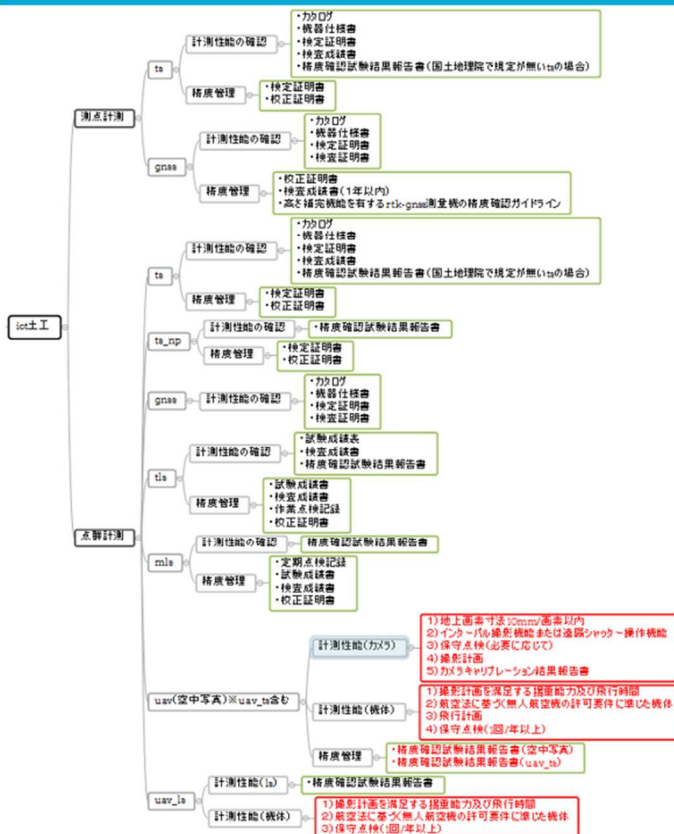
19



## 4. 使用する機器と必要書類と施工計画書の主な記載事項

20

### 使用する機器と必要書類 (土工)



: いずれかを提出   
  : 全て提出  
 赤字: 後述 4.施工計画書の記載例 (UAV) に記載

21

# 施工計画書の主な記載事項（土工）

## ▶ 主な記載項目

### 1) 適用工種

管理要領による適用工種に該当している工種を記載する。

### 2) 適用区域

3次元計測区域を行う範囲の記載する。

### 3) 出来形管理箇所・出来形管理基準及び規格値・出来形写真管理基準

測定基準に元づいた管理基準を記載する。

### 4) 使用機器・ソフトウェア

必要な機能を有し適切に管理された機器及び必要な性能をもつソフトウェアであることを記載する。

#### ① 機器構成

出来形管理で利用する機器及びソフトウェアを記載する。

#### ②：使用機器本体 ※1

要領が要求している計測性能を有していること添付資料として提出する。

a：精度確認試験を実施し、その記録を提出する※3。b：メーカーが推奨する定期点検記録を添付する。

#### ③：ソフトウェア

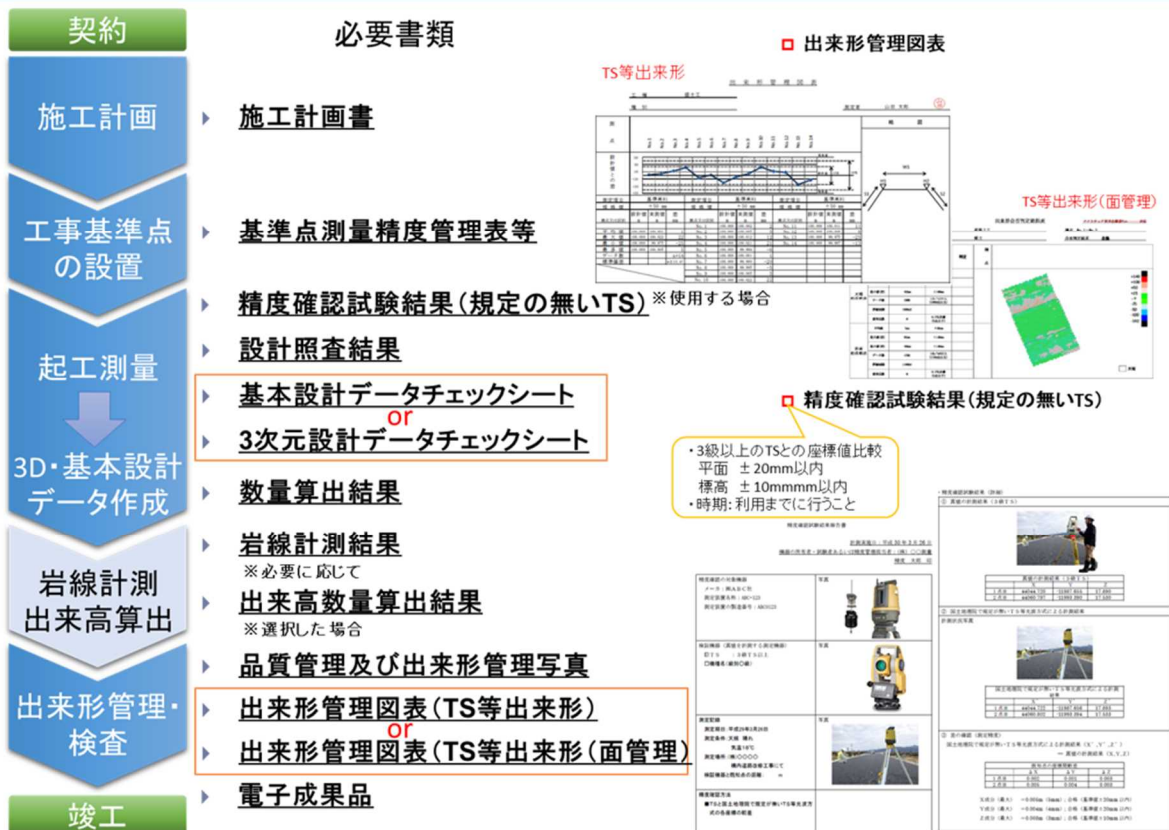
必要な機能を有するソフトウェアであることをカタログあるいはソフトウェア仕様書を、添付資料する。

#### 5) 飛行計画+安全飛行マニュアル ※2

要領記載事項に留意した計測計画を作成し提出する。

- 各要領で特に変わらない
- ※1 使用する機器により内容が異なる
- ※2 UAVとUAV\_LSのみ
- ※3 提出時期及び頻度は要領による

# 必要書類と提出のタイミング（TS等光波方式）



# 必要書類と提出のタイミング (TS\_NP)



## 必要書類

- ▶ **施工計画書**
- ▶ **基準点測量精度管理表等**
- ▶ **精度確認試験結果(TS\_NP)**
- ▶ **点検記録簿(GNSS)** ※使用する場合
- ▶ **設計照査結果**
- ▶ **3次元設計データチェックシート**
- ▶ **数量算出結果**
- ▶ **点検記録簿(GNSS)** ※使用する場合
- ▶ **岩線計測結果** ※必要に応じて
- ▶ **出来高数量算出結果** ※選択した場合
- ▶ **品質管理及び出来形管理写真**
- ▶ **出来形管理図表**
- ▶ **電子成果品**

### GNSSによる観測地の点検記録簿

- ・工事基準点等の既知点との座標値比較  
平面 ±20mm以内  
標高 ±30mm以内
- ・時期: 計測毎の開始と終了時

| 観測地         | 既知点 | GNSS点 | 平面差  | 標高差  | 計測時刻     |
|-------------|-----|-------|------|------|----------|
| P1000000000 | 既知点 | GNSS点 | 0.00 | 0.00 | 11:20:00 |
|             |     | GNSS点 | 0.00 | 0.00 | 11:20:05 |
|             |     | GNSS点 | 0.00 | 0.00 | 11:20:10 |
|             |     | GNSS点 | 0.00 | 0.00 | 11:20:15 |
| P1000000000 | 既知点 | GNSS点 | 0.00 | 0.00 | 11:20:20 |
|             |     | GNSS点 | 0.00 | 0.00 | 11:20:25 |
|             |     | GNSS点 | 0.00 | 0.00 | 11:20:30 |
|             |     | GNSS点 | 0.00 | 0.00 | 11:20:35 |

### 精度確認試験結果(ノンプリズム方式)

- ・3級以上のTSとの座標値比較  
平面・標高 ±20mm以内
- ・時期: 利用までに行うこと

# 必要書類と提出のタイミング (空中写真測量)



## 必要書類

- ▶ **施工計画書**
- ▶ **基準点測量精度管理表等**
- ▶ **精度確認試験結果(UAV or (UAV\_TS)・GNSS)** ※使用する場合
- ▶ **設計照査結果**
- ▶ **3次元設計データチェックシート**
- ▶ **数量算出結果**
- ▶ **精度確認試験結果(UAV)**
- ▶ **岩線計測結果** ※必要に応じて
- ▶ **出来高数量算出結果** ※選択した場合
- ▶ **精度確認試験結果(UAV)**
- ▶ **品質管理及び出来形管理写真**
- ▶ **出来形管理図表**
- ▶ **電子成果品**

- ・検証点座標との比較  
平面・標高 ±50mm以内
- ・時期: 計測毎

### 精度確認試験結果(UAV)

| 項目       | 内容                                      |
|----------|---|
| 航空写真撮影日時 | 2024年10月10日                             |
| 撮影機材     | ドローン: DJI Mavic 3 Enterprise            |
| 撮影者      | 近畿技術事務所                                 |
| 撮影場所     | 近畿地方整備局管内                               |
| 撮影条件     | 天候: 晴れ, 気温: 25°C, 風速: 1.5m/s            |
| 検証点座標    | 既知点: (1000000.00, 1000000.00, 100.00)   |
| 検証点座標    | GNSS点: (1000000.00, 1000000.00, 100.00) |
| 平面差      | 0.00mm                                  |
| 標高差      | 0.00mm                                  |

空中写真

- ・ UAV計測データと検証点座標との比較  
各座標の較差 ±50mm以内
- 実施時期: 12か月以内

### 精度確認試験結果(UAV\_TS)

検証点を位置計測が可能な範囲について10m間隔で設置し、すべての検証点と比較する

# 必要書類と提出のタイミング ( T L S )



- 必要書類**
- ▶ 施工計画書
  - ▶ 基準点測量精度管理表等
  - ▶ 精度確認試験結果 (TLS・GNSS※)
  - ▶ 設計照査結果
  - ▶ 3次元設計データチェックシート
  - ▶ 数量算出結果
  - ▶ 岩線計測結果  
※必要に応じて
  - ▶ 出来高数量算出結果  
※選択した場合
  - ▶ 品質管理及び出来形管理写真
  - ▶ 出来形管理図表
  - ▶ 電子成果品

・既知点座標との比較  
平面 ±20mm以内  
標高 ±30mm以内  
・時期: 利用までに行うこと

## 精度確認試験結果 (GNSS)

・点間距離  
±20mm以内  
実施時期: 12か月以内

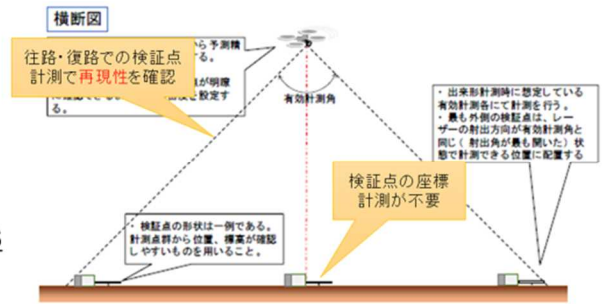
## 精度確認試験結果 (TLS)

# 必要書類と提出のタイミング ( U A V \_ L S )



- 必要書類**
- ▶ 施工計画書
  - ▶ 基準点測量精度管理表等
  - ▶ 精度確認試験結果 (UAV\_LS・GNSS※) ※使用する場合
  - ▶ 設計照査結果
  - ▶ 3次元設計データチェックシート
  - ▶ 数量算出結果
  - ▶ 出来高数量算出結果  
※選択した場合
  - ▶ 品質管理及び出来形管理写真
  - ▶ 出来形管理図表
  - ▶ 電子成果品

## 調整用基準点・検証点設置例



## 精度確認試験結果 (UAV\_LS)

・検証点または既知点座標との比較  
出来形 50mm以内  
起工測量 100mm以内  
出来高 200mm以内  
・実施時期: 12か月以内



## 必要書類

- ▶ **施工計画書**
- ▶ **基準点測量精度管理表等**
- ▶ **精度確認試験結果(MLS)**
- ▶ **設計照査結果**
- ▶ **3次元設計データチェックシート**
- ▶ **数量算出結果**
- ▶ **岩線計測結果**  
※必要に応じて
- ▶ **出来高数量算出結果**  
※選択した場合
- ▶ **品質管理及び出来形管理写真**
- ▶ **出来形管理図表**
- ▶ **電子成果品**

## 精度確認試験結果(MLS)

### 1) 試験概要

精度確認試験結果報告書

試験概要

|  |  |
|--|--|
| 精度確認の作業機種<br>プラットフォーム: IMACD<br>主要機種:<br>(1) 測距機 (2) 傾斜計 (3) 水準器 |  |
| 試験機種の性能管理<br>① 検定済みの計測機<br>② 検定済みの水準器<br>③ 検定済みの傾斜計              |  |
| 測定日時: 平成30年2月18日<br>測定条件: 天候: 晴<br>測定場所: (1) 現場<br>(2) 検定済みの水準器  |  |
| 精度確認方法:<br>地上目標物(検定済)と地上目標物の距離                                   |  |

検証面の計測: 2級以上TSカレベル  
検証点の計測: 2級以上TS

### 2) 試験条件

精度確認試験は、精度確認試験結果報告書に記載する条件で実施する。

精度確認試験は、精度確認試験結果報告書に記載する条件で実施する。

精度確認試験は、精度確認試験結果報告書に記載する条件で実施する。

最大計測幅・最大計測可能距離の記載

### 3) 精度確認結果

精度確認結果

|                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| 精度確認結果<br>検定済みの計測機 | 検定済みの計測機<br>検定済みの水準器 |
| 精度確認結果<br>検定済みの計測機 | 検定済みの計測機<br>検定済みの水準器 |

- ・平面較差 10mm以内
- ・標高較差 100mm以内
- ・起工・岩線 200mm以内
- ・部分払い 50mm以内
- ・出来形 50mm以内
- ・実施時期: 12か月以内

## 5. 施工計画書の記載例 (UAV)

29

### (参考) 施工計画書の記載例 (UAV)

|   |  |
|---|--|
| <p>施工計画書の記載例<br/>～空中写真測量 (UAV) を用いた出来形管理～</p> | <p>施工管理計画</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) 工程管理</li><li>2) 出来形管理</li><li>3) 品質管理</li><li>4) ICT 活用工事に係る出来形管理</li></ol> <p>ICT 活用工事に係る出来形管理は、「空中写真測量 (UAV) を用いた出来形管理要領」に従って出来形管理を実施します。</p> |
|---|--|

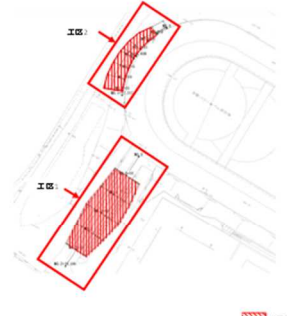
30

# (参考) 施工計画書の記載例 (UAV)

ICT 活用工事に係る出未形管理  
次表に示す工程について、空中写真測量 (UAV) を用いた出未形管理を行います。

| 適用工程 | 種  | 業    | 節 | 工種    | 適用の有無 |
|------|----|------|---|-------|-------|
| 共通工  | 土工 | 道路土工 |   | 路体盛土工 | ○     |

適用区域  
空中写真測量 (UAV) を用いた出未形管理範囲については、工区1については NO.0+10～NO.2+10 における天端部、法面部、小段部を対象とする。工区2については NO.0+5～NO.1+15 における法面部を対象とする。



■ 適用区域 □ 計測範囲

出未形管理基準

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

注1：個々の計測値の規格値には計測精度として±50mmが含まれている。  
 注2：計測は天端部(掘削の場合は平標部)と法面(小段を含む)の全面とし、全ての点で設計面との標高較差または、水平較差を算出する。計測密度は1点/㎡(平面投影面積当たり)以上とする。  
 注3：法面、法尻から水平方向に±5cm以内(掘削の場合は、標高較差の許容範囲を除く、同様に、標高方向に±5cm以内)にある計測点は水平較差の許容範囲を除く。  
 注4：許容する範囲は、連続する一つの面とすることを基本とする。規格値が異なる場合は、評価区間を分割するか、あるいは規格値の条件の最も厳しい値を採用する。

出未形管理写真基準

| 区分   | 撮影項目                     | 写真管理項目                     | 提出精度                           |
|------|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 施工状況 | 図面との不一致<br>図面と現地との不一致の写真 | 撮影精度<br><b>撮影毎に1回[発生時]</b> | 写真測量に使用したすべての画像<br>※CCNフォルダで格納 |

| 工種    | 写真管理項目        |                        |
|-------|---------------|------------------------|
|       | 撮影項目          | 撮影精度                   |
| 掘削工   | 土質等の判別        | 地質が変わる毎に1回[掘削中]        |
|       | <b>法長(法面)</b> | <b>撮影毎に1回[掘削後]</b>     |
| 路体盛土工 | 巻出し厚          | 200mに1回[巻出し時]          |
|       | 締固め状況         | 転圧機種又は地質が変わる毎に1回[締固め時] |
| 路体盛土工 | <b>法長(法面)</b> | <b>撮影毎に1回[施工後]</b>     |
|       | <b>幅(大輪)</b>  | <b>撮影毎に1回[施工後]</b>     |

※斜体太文字は、空中写真測量 (UAV) による出未形管理の適用で、「写真管理基準(案)」(国土交通省各地方整備局) を適用しない部分

31

# (参考) 施工計画書の記載例 (UAV)

使用機器・ソフトウェア  
当該工事において利用する機器およびソフトウェアについて、「空中写真測量 (UAV) を用いた出未形管理要領」に定められた性能および機能を有するものを使用する。メーカーカタログ等は巻末に別途添付する。

① 機器構成

| 種別         | 名称 | 規格(バージョン等) |
|------------|----|------------|
| トータルステーション |    | 国土地理院2級A   |
| UAV        |    |            |
| デジタルカメラ    |    |            |
| 3次元設計ソフト   |    |            |
| 写真測量ソフト    |    |            |
| 点群処理ソフト    |    |            |
| 出来形帳票作成ソフト |    |            |

注意：地上画素寸法について現場精度確認において、必要な精度を確保できることが確認できる場合は、10mm/画素以外での計測も可能である。

② UAVおよびデジタルカメラ

| 項目   | 要領に記載内容                                      | 本業誌(計測計画あるいは確認)   |
|------|--|---|
| 計測性能 | 地上画素寸法：1cm/画素以内                              | 地上画素寸法：0.7cm/画素<br>※飛行高度50m時、1cm未満<br>最大飛行高度71.48m<br>なお、後述する2)地上画素寸法にて根拠を示す。 |
| 測定精度 | 測定精度±5cm以内(XYZ各成分)                           | 要領参考資料-3に示される「レーゾンおよび精度確認試験」に基づいて、起工測量時、および計測前に実施する。                          |
| 保守点検 | UAVの保守点検を実施したことを示す点検記録。製造元等による保守点検を1年に1回以上実施 | 巻末に別途添付する。  |

保守点検記録

・UAV (○○○)

|             |
|-------------|
| 機体直径        |
| 機体高さ        |
| 機体重量        |
| 離陸重量        |
| 耐風速         |
| 滞空(ホバリング)時間 |
| 最高速度        |
| 最大到達高度      |
| 動力用バッテリー    |

・揚重能力  
・飛行時間  
など航空法を遵守した機体であること



・デジタルカメラ (○○○)

|          |
|----------|
| 型式       |
| 撮像素子     |
| カメラ有効画素数 |
| 総画素数     |
| アスペクト比   |
| 画像ファイル形式 |
| 記録画素数    |
| (解像比3:2) |
| 使用レンズ    |

・撮影機能



32

## (参考) 施工計画書の記載例 (UAV)

(様式-2) 平成 年 月 日

**カメラキャリブレーション実施記録**

工事名: \_\_\_\_\_  
受注者名: \_\_\_\_\_ 印  
作成者: \_\_\_\_\_

カメラキャリブレーションおよび精度確認試験結果報告書

・カメラキャリブレーションの実施記録

|                  |   |
|------------------|---|
| カメラキャリブレーション実施年月 | 平成 年 月 日  |
| 作業機関名            |   |
| 実施担当者            |   |
| 使用するデジタルカメラ      | メーカー: [製造メーカー名]<br>測定装置名称: [製品名・機種名]<br>測定装置の製造番号: [製造番号] |

・精度確認試験結果 (概要)

|                     |                            |
|---------------------|----------------------------|
| 精度確認試験実施年月          | 平成 年 月 日                   |
| 作業機関名               |                            |
| 実施担当者               |                            |
| 測定条件                | 天候 晴 曇<br>気候 暑 寒           |
| 測定場所                | (株) UAV測量<br>〇〇工事現場        |
| 検証機器 (検証点を計測する測定機器) | TS : 3級TS以上<br>〇機種名 (級別〇級) |
| 精度確認方法              | 検証点の各座標の較差                 |

(精度確認試験報告書様式添付)

・精度確認試験結果 (詳細)

①真値とする検証点の確認



計測方法: 既知点 GNSS による座標値計測

| 真値とする検証点の位置座標 | X         | Y          | Z      |
|---------------|-----------|------------|--------|
| 1点目           | 44044.750 | -11987.655 | 17.890 |
| 2点目           | 44060.797 | -11993.390 | 17.530 |

②空中写真測量 (UAV) による計測結果



| 空中写真測量 (UAV) で測定した検証点の位置座標 | X         | Y          | Z      |
|----------------------------|-----------|------------|--------|
| 1点目                        | 44044.700 | -11987.644 | 17.870 |
| 2点目                        | 44060.778 | -11993.385 | 17.521 |

③差の確認 (測定精度)

空中写真測量による計測結果 (X,Y,Z) - 真値とする検証点の座標値 (X,Y,Z)

| 検証点の座標開始値 | 検証点の座標開始値 |        |        |
|-----------|-----------|--------|--------|
|           | Δ X       | Δ Y    | Δ Z    |
| 1点目       | -0.020    | -0.011 | -0.020 |
| 2点目       | -0.019    | -0.005 | -0.009 |

X成分 (最大) = -0.020m (-2cm) 以内; 合格 (基準値 5cm 以内)  
Y成分 (最大) = -0.011m (-1.1cm) 以内; 合格 (基準値 5cm 以内)  
Z成分 (最大) = -0.020m (-2cm) 以内; 合格 (基準値 5cm 以内)

**精度確認試験結果報告書**

33

## (参考) 施工計画書の記載例 (UAV)

3次元設計データ作成

3次元設計データは、発注者に指示された適用区域を対象に発注者から貸与される設計図書に基づいて作成する。

作成した3次元設計データは、入力の間違ひがないかを確認するために、要領に従った確認方法を実施し、「3次元設計データチェックシート」を監督職員に提出する。

(様式-1) 平成 年 月 日

工事名: \_\_\_\_\_  
受注者名: \_\_\_\_\_ 印  
作成者: \_\_\_\_\_

3次元設計データチェックシート

| 項目            | 対象  | 内容   | チェック結果 |
|---------------|-----|--|--------|
| 1) 基準点及び工事基準点 | 全点  | ・監督職員の指示した基準点を使用しているか?<br>・工事基準点の名称は正しいか?<br>・座標は正しいか?<br>・起算点の座標は正しいか?  |        |
| 2) 平面図形       | 全図形 | ・変位点 (線形主要点) の座標は正しいか?<br>・曲線要素の種別・数値は正しいか?<br>・各頂点の座標は正しいか?             |        |
| 3) 縦断図形       | 全図形 | ・線形起算点の座標、標高は正しいか?<br>・縦断変位点の座標、標高は正しいか?<br>・曲線要素は正しいか?                  |        |
| 4) 出来形縦断面図    | 全図形 | ・作成した出来形縦断面図の図面、数は適切か?<br>・基準高、幅、図長は正しいか?                                |        |
| 5) 3次元設計データ   | 全図形 | ・出来形縦断面図の図面が正しく読み取れているか?<br>・入力した 2) ~ 4) の図形図面と出力する 3次元設計データは同一となっているか? |        |

※ 1 各チェック項目について、チェック結果欄に「〇」と記入すること。  
 ※ 2 発注者が監督職員に様式-1を提出した後、監督職員から様式-1を確認するための資料の請求があった場合は、受注者は以下の資料等を速やかに提出するものとする。  
 ・工事基準点リスト (チェック入り)  
 ・線形計算書 (チェック入り)  
 ・平面図 (チェック入り)  
 ・縦断図 (チェック入り)  
 ・横断図 (チェック入り)  
 ・3次元ビュー (ソフトウェアによる表示あるいは印刷物)  
 ※ 添付資料については、上記以外にわかりやすいものがある場合は、これに替えることができる。

空中写真測量 (UAV) による計測

無人航空機の飛行に関しては、平成27年9月に航空法の一部が改正により、平成27年12月10日からドローン等の無人航空機の飛行ルールが導入されている。本現場では、航空法の規定に保つる該当項目がなかったため、「無人航空機の飛行に関する許可・承認」は特にならなかつた。

無人航空機の飛行の許可が必要となる空域  
(以下の3項目のいずれかに該当する場合は申請が必要)

- 1 空港などの周辺 (進入表面等) の上空領域 該当なし
- 2 150m以上の高さの空域 該当なし
- 3 人口集中地区 (DID地区) の上空 該当なし




図 静岡県富士市 DID地区と空港上空区域の分布 赤: DID地区 (国土地理地図)  
<http://maps.gsi.go.jp/#8/35.563512/140.339355/#base=std&l=std%7Dd%2D2010%7Dkokur%2Dstd%2D111&cd=kokurareas&v=c1j0100f0&d=v>

無人航空機の飛行の方法  
(以下の6項目のいずれかに該当する場合は申請が必要)

- 1 夜間飛行 該当なし
- 2 目視外飛行 該当なし
- 3 50m未満の飛行 該当なし
- 4 イベント上空飛行 該当なし
- 5 危険物輸送 該当なし
- 6 物件投下 該当なし

34



# (参考) 施工計画書の記載例 (UAV)

### 撮影計画

① 標定点・検証点の設置

1) 配置  
標定点・検証点は「UAVを用いた出未形管理要領」に従い、以下の配点とする。検証点は、UAVを用いた出未形管理要領に従い、以下の設置点数にて設置する。

| 表紙の記載内容                              | 本業務 |
|--------------------------------------|-----|
| 外部標定点<br>辺長100m 間隔程度以内<br>(内部含む最低4点) | 4点  |
| 内部標定点<br>辺長200m 間隔程度以内               | 3点  |
| 検証点<br>天端上辺長200m 間隔程度以内 (最低2点)       | 4点  |

工区1 (天端、渉面、小坂) (図面表示になおす)

- 外部標定点：4点
- 計測対象範囲を包含し、辺長100m以内
- 内部標定点：3点
- 辺長200m以内
- 高高度標定点
- 低高度標高点

- 検証点
- 検証点：4点
- 外部標定点の中間に1点

合計：11点

- 外部標定点：4点
- 計測対象範囲を包含し、辺長100m以内
- 内部標定点：3点
- 辺長200m以内
- 高高度標定点
- 低高度標高点

- 検証点
- 検証点：4点
- 外部標定点の中間に1点

合計：11点

工区2 (渉面) (図面表示になおす)

2) 設置方法  
標定点・検証点は、発注者より指示された基準点あるいは工事基準点を利用して、4級基準点測量の規定を準用しTSによる放射法2セット観測で求める。

| 要領の記載内容 | 本業務 (実施計画)               |
|---------|--------------------------|
| 設置方法    | 3級基準点および4級水準点相当 TSを用いた計測 |

① 空中写真測量

1) 計測計画  
撮影は垂直撮影を基本とする。なお現地での作業日数は1日程度とする。対象土工は比高が7m程度であることから、天端から対地高度約50mで飛行する。さらに、離着陸時以外は、基本的に自律飛行とする。図2.1の土工範囲を調整するように、延長方向は+2.0m程度、横方向は+2.3m程度延伸するように計測する。

| 計測諸元            |       |
|-----------------|-------|
| 対地高度            | 50m   |
| オーバーラップ率 (計測方向) | 90%   |
| サイドラップ率 (横検方向)  | 60%   |
| コース間隔           | 11.1m |

# (参考) 施工計画書の記載例 (UAV)

### 飛行計画

工区1 (天端、渉面、小坂)

工区2 (渉面)

注意：地上画素寸法について現場精度確認において、必要な精度を確保できることが確認できる場合は、10mm/画素以外での計測も可能である。精度確認により実施する場合は不要

### 地上画素寸法の算出

計測性能として、撮影計画上の地上画素寸法が1cm/画素以内と定められている。地上画素寸法は、使用するデジタルカメラの解像度と飛行高度より算定し、以下のとおり、地上解像度を確認した。

|              |           |
|--------------|-----------|
| 被写体までの距離 (m) | 50m       |
| 焦点距離 (mm)    | 28mm      |
| 水平撮影範囲 (m)   | 41.96m    |
| 垂直撮影範囲 (m)   | 27.86m    |
| 水平mm/画素      | 6.99mm/画素 |
| 垂直mm/画素      | 6.99mm/画素 |

上記諸元の解説図

1画素あたりの寸法算出根拠

- 41.96m/6000 = 6.99mm/画素
- 27.86m/4000 = 6.96mm/画素

## (参考) 施工計画書の記載例 (UAV)

3) 撮影枚数

工区 1

|              |  |        |        |
|--------------|--|--------|--------|
| 飛行コース長       | 70m  | 水平撮影範囲 | 41.96m |
| コース数         | 3  | ラップ率   | 90%    |
| 撮影枚数 (1 コース) | $70m \div (41.96m \times (100\% - 90\%) + 100) \approx 17$ 枚 |        |        |
| 撮影枚数 (予定)    | 51 枚   |        |        |

工区 2

|              |  |        |        |
|--------------|--|--------|--------|
| 飛行コース長       | 50m  | 水平撮影範囲 | 41.96m |
| コース数         | 3  | ラップ率   | 90%    |
| 撮影枚数 (1 コース) | $50m \div (41.96m \times (100\% - 90\%) + 100) \approx 12$ 枚 |        |        |
| 撮影枚数 (予定)    | 36 枚   |        |        |

① 計測点密度

空中写真測量 (UAV) を用いた計測では、下表の必要な計測点が取得できるように、データ処理段階で、所定の計測点密度を設定し、作成する。

|       | 要領に記載内容                      | 本業研 (実施計画)    |
|-------|------------------------------|---------------|
| 粗工測量  | 0.25m <sup>2</sup> あたり 1 点以上 | □□ あたり 1 点以上  |
| 出未形測量 | 0.01m <sup>2</sup> あたり 1 点以上 | □□□ あたり 1 点以上 |

データ処理

出未形管理や出未高算出に係るデータ処理は以下の手順のとおり実施し、出未形評価のための計算方法や数量算出方法は、要領に従った以下の方法で実施する。

① データ処理手順

| 出未形管理に必要な処理                      | 出未高算出に必要な処理 | 資料ソフトウェア |
|----------------------------------|-------------|----------|
| 1. 空中写真測量 (計測点群データの取得)           |             |          |
| ↓                                |             |          |
| 2. 不要点除去                         |             |          |
| ↓                                |             |          |
| 3. 点群密度の変更 (データの間引き)             | 8. 数量算出     |          |
| ↓                                |             |          |
| 4. 点群密度の変更 (グリッドデータ化)            |             |          |
| ↓                                |             |          |
| 5. 3次元設計データと出未形評価用データの各ポイント離れの計算 |             |          |
| ↓                                |             |          |
| 6. 出未形分布図の作成                     |             |          |
| ↓                                |             |          |
| 7. 出未形概要および3次元ビューの作成             |             |          |

② データ処理および計算方法

|                                       | 実施方法 | 要領に示される計算方法                             |
|---------------------------------------|------|---|
| 3. 点群密度の変更 (データの間引き)                  | 最下点  | ・最下点<br>・中央値                            |
| 4. 点群密度の変更 (グリッドデータ化)<br>出未形評価用データのため | 最近隣法 | ・個々の実在点<br>・最近隣法<br>・平均法<br>・TIN 法      |
| 8. 数量算出                               | 点高法  | ・逆距離加重法<br>・点高法<br>・TIN 分割法<br>・プリズミダル法 |

37

## (参考) 施工計画書の記載例 (UAV)

図 データ処理および計算方法 最下点

図 点群密度の変更 (グリッドデータ化) 最近隣法

図 数量算出 点高法

## 6. (参考) 課題から検索する現場事例集

本資料は国土交通省HPより引用している。

引用元：ICT導入協議会資料（第9回 令和元年7.11 【参考資料-1】）

<https://www.mlit.go.jp/common/001299661.pdf>

## (参考) ICT活用計画立案：現場事例集

| 種別    | 現場で起こりうる課題 | チェック                                | 該当事例                                 |
|-------|------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 設計    | 予定形状       | 予定形状のための根拠の設計がなく、現場での変更や変更設計が作成できない | <input type="checkbox"/> B-② Q-②     |
|       | 構造物        | 基本構造物の設計が不十分で、位置出しは困難               | <input type="checkbox"/> B-② Q-② E-② |
|       | 形状は変わらない設計 | 形状は変わらない設計、変化点の発生で変更を促す             | <input type="checkbox"/> L-②         |
| 調査結果  | 正確な土質調査結果  | 正確な土質調査結果を得られない                     | <input type="checkbox"/> K-②         |
|       | 土質         | 設計で想定している土質と異なる土質が確認された             | <input type="checkbox"/> M-②         |
|       | 気候         | 現場での土質調査結果と異なる土質が確認された              | <input type="checkbox"/> M-② Q-②     |
| 現場環境  | 気候         | 風が強い                                | <input type="checkbox"/> K-②         |
|       | 仮設養生       | 仮設養生が必要な箇所が多いため、養生材として利用しない         | <input type="checkbox"/> K-②         |
|       | 母体構造物      | 仮設養生が母体構造物に付着する                     | <input type="checkbox"/> A-②         |
|       |            | 母体下部で養生の取付けができない                    | <input type="checkbox"/> H-②         |
|       |            | 仮設養生が母体構造物に付着する                     | <input type="checkbox"/> J-②         |
|       | 仮設養生       | ICT機器の設置が困難                         | <input type="checkbox"/> J-②         |
|       |            | 仮設養生が母体構造物に付着する                     | <input type="checkbox"/> C-② D-②     |
|       |            | 仮設養生が必要な箇所が多いため、養生材として利用しない         | <input type="checkbox"/> E-②         |
|       |            | 仮設養生が必要な箇所が多いため、養生材として利用しない         | <input type="checkbox"/> G-②         |
|       |            | 仮設養生が必要な箇所が多いため、養生材として利用しない         | <input type="checkbox"/> Q-②         |
| 施工条件  | 仮設養生       | 仮設養生が必要な箇所が多いため、養生材として利用しない         | <input type="checkbox"/> K-② P-②     |
|       | 仮設養生       | 仮設養生が必要な箇所が多いため、養生材として利用しない         | <input type="checkbox"/> Q-②         |
|       | 仮設養生       | 仮設養生が必要な箇所が多いため、養生材として利用しない         | <input type="checkbox"/> C-② L-② N-② |
|       | 仮設養生       | 仮設養生が必要な箇所が多いため、養生材として利用しない         | <input type="checkbox"/> B-②         |
|       | 仮設養生       | 仮設養生が必要な箇所が多いため、養生材として利用しない         | <input type="checkbox"/> K-②         |
|       | 仮設養生       | 仮設養生が必要な箇所が多いため、養生材として利用しない         | <input type="checkbox"/> Q-② H-②     |
|       | 仮設養生       | 仮設養生が必要な箇所が多いため、養生材として利用しない         | <input type="checkbox"/> A-② P-②     |
|       | 仮設養生       | 仮設養生が必要な箇所が多いため、養生材として利用しない         | <input type="checkbox"/> B-②         |
|       | 仮設養生       | 仮設養生が必要な箇所が多いため、養生材として利用しない         | <input type="checkbox"/> F-② G-②     |
|       | 仮設養生       | 仮設養生が必要な箇所が多いため、養生材として利用しない         | <input type="checkbox"/> I-②         |
| 現場条件  | 現場環境       | 現場環境がICT機器の設置を妨げる                   | <input type="checkbox"/> L-②         |
|       | 現場環境       | 現場環境がICT機器の設置を妨げる                   | <input type="checkbox"/> K-②         |
|       | 現場環境       | 現場環境がICT機器の設置を妨げる                   | <input type="checkbox"/> Q-② J-②     |
|       | 現場環境       | 現場環境がICT機器の設置を妨げる                   | <input type="checkbox"/> C-②         |
|       | 現場環境       | 現場環境がICT機器の設置を妨げる                   | <input type="checkbox"/> F-② H-② N-② |
|       | 現場環境       | 現場環境がICT機器の設置を妨げる                   | <input type="checkbox"/> P-②         |
|       | 現場環境       | 現場環境がICT機器の設置を妨げる                   | <input type="checkbox"/> J-②         |
|       | 現場環境       | 現場環境がICT機器の設置を妨げる                   | <input type="checkbox"/> E-②         |
|       | 現場環境       | 現場環境がICT機器の設置を妨げる                   | <input type="checkbox"/> L-② R-②     |
|       | 現場環境       | 現場環境がICT機器の設置を妨げる                   | <input type="checkbox"/> M-②         |
| 土壌    | 土壌         | ICT機器の設置が困難                         | <input type="checkbox"/> A-② G-②     |
|       | 土壌         | ICT機器の設置が困難                         | <input type="checkbox"/> M-②         |
|       | 土壌         | ICT機器の設置が困難                         | <input type="checkbox"/> L-②         |
|       | 土壌         | ICT機器の設置が困難                         | <input type="checkbox"/> Q-②         |
| 体制    | 作業員        | 作業員のスキルが不足している                      | <input type="checkbox"/> G-②         |
|       | 安全性向上      | 安全性向上のための対策が不足している                  | <input type="checkbox"/> G-②         |
|       | 活用範囲       | 活用範囲が狭い                             | <input type="checkbox"/> D-②         |
| 出来形計画 | 出来形計画      | 出来形計画が現場での進捗と異なる                    | <input type="checkbox"/> K-②         |
|       | 出来形計画      | 出来形計画が現場での進捗と異なる                    | <input type="checkbox"/> Q-②         |

■現場条件により発生した課題への対応を、課題から検索

手順①：場面の選択   
設計や起工測量など確認したい事例の場面を選択

手順②：課題の選択   
手順①で選択した場面で起こりうる課題を選択

手順③：事例番号の確認   
該当した事例番号の次頁以降の資料から確認

本資料は国土交通省HPより引用している。

引用元：ICT導入協議会資料

（第9回 令和元年7.11 【参考資料-1】）

<https://www.mlit.go.jp/common/001299661.pdf>

## 事例：A

|      |  |
|------|--|
| 現場概要 |  |
| 施工数量 | 暫定切土：28,710m <sup>3</sup><br>暫定盛土：20,910m <sup>3</sup> |
| 主な工種 | 道路土工   |

### 【効果】

- ・ 3次元設計データ作成を外注せず、内製化したため、社内にノウハウを蓄積することが可能
- ・ 掘削に関しては従来手法と同等であるが、荒整形されている状態での法面整形に活用するのであれば、従来の倍程度の施工能力を発揮することが可能



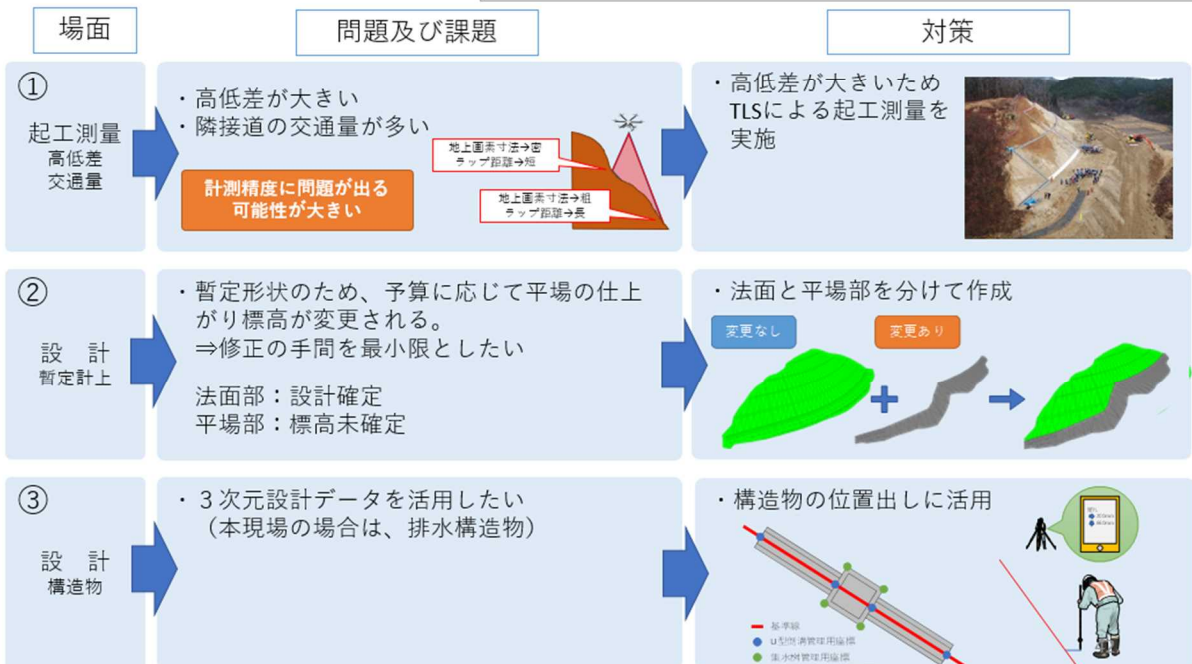
引用：https://www.mlit.go.jp/common/001299661.pdf

## 事例：B

|      |                                   |
|------|-----------------------------------|
| 現場概要 |                                   |
| 施工数量 | 延長170m<br>掘削工28,664m <sup>3</sup> |
| 主な工種 | 道路改良(掘削工)                         |

### 【効果】

- ・ 施工日数**36日縮減**
- ・ 平場のデータを分けたので、設計変更時の負担が軽減した。
- ・ 従来施工箇所の丁張り設置にも有効に使えたため、ICT施工部以外も効率化できた。
- ・ 丁張り作業が無くなったため大幅に手間が軽減した。



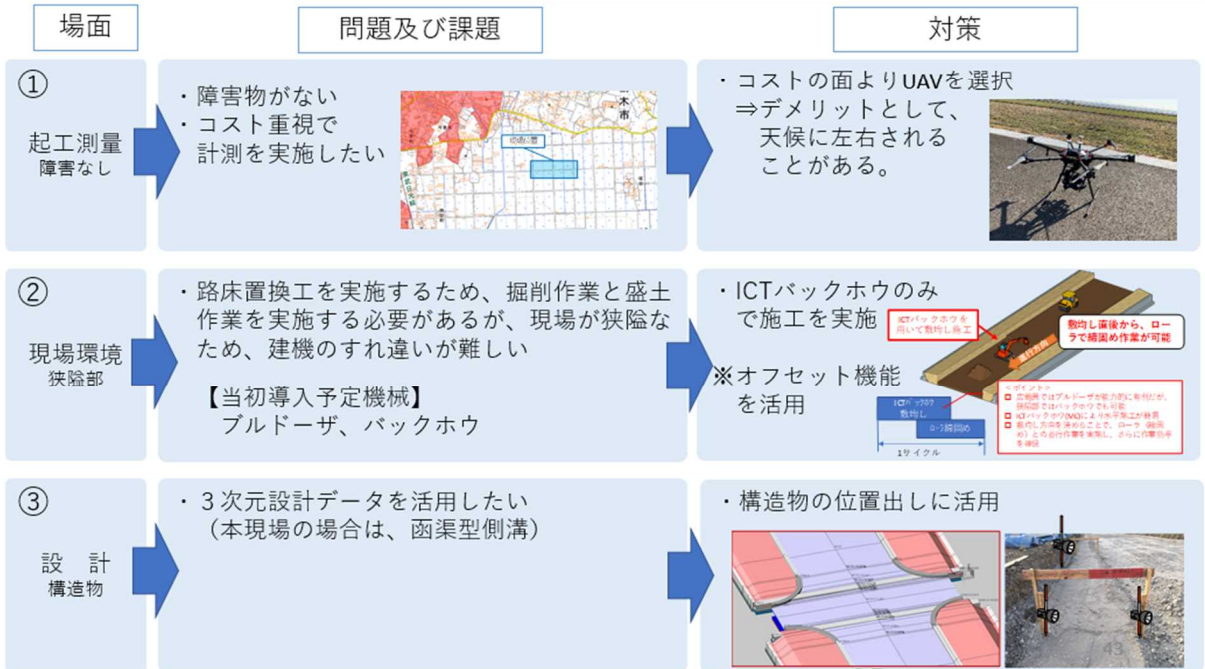
引用：https://www.mlit.go.jp/common/001299661.pdf

## 事例：C

|      |   |
|------|---|
| 現場概要 |   |
| 施工数量 | 工事延長：186.2<br>路床置換工：2,289m <sup>2</sup><br>函渠型側溝：350.7m |
| 主な工種 | 道路改良  |

### 【効果】

- ・3次元設計データと測量ツールを活用することで本来2人必要であった丁張設置作業が1人で実施でき、ほかの作業に人を当てることが可能となった。
- ・敷均し作業をICTバックホウのみで行うことで建機費用だけでなく、労務費削減にも繋がった。



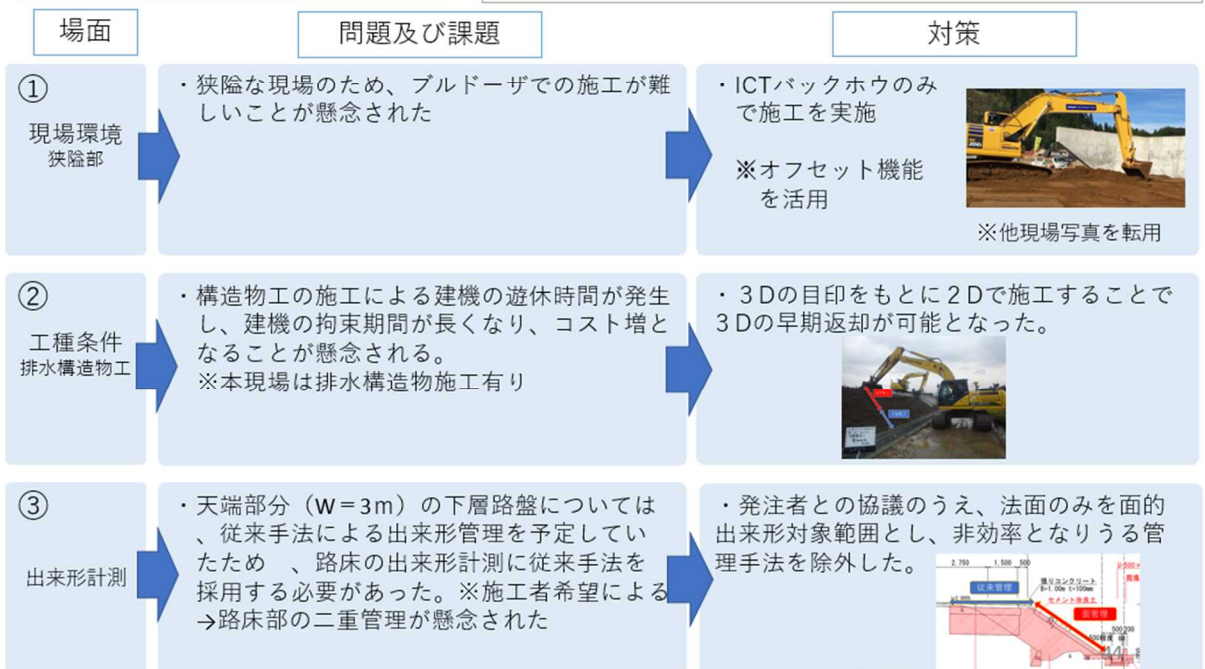
引用：https://www.mlit.go.jp/common/001299661.pdf

## 事例：D

|      |   |
|------|---|
| 現場概要 |   |
| 施工数量 | 路体・路床盛土：1,500m <sup>3</sup><br>法面整形工：1,200m <sup>2</sup><br>排水構造物工：270m |
| 主な工種 | 道路改良  |

### 【効果】

- ・生産性向上より、施工労務の削減効果が大きかったと感じた
- ・簡易型2Dマシンガイダンスバックホウを導入することで、ICT建機を早期返却
- ・面的出来形対象範囲を事前に協議し、非効率となる可能性のある管理手法を除外した。



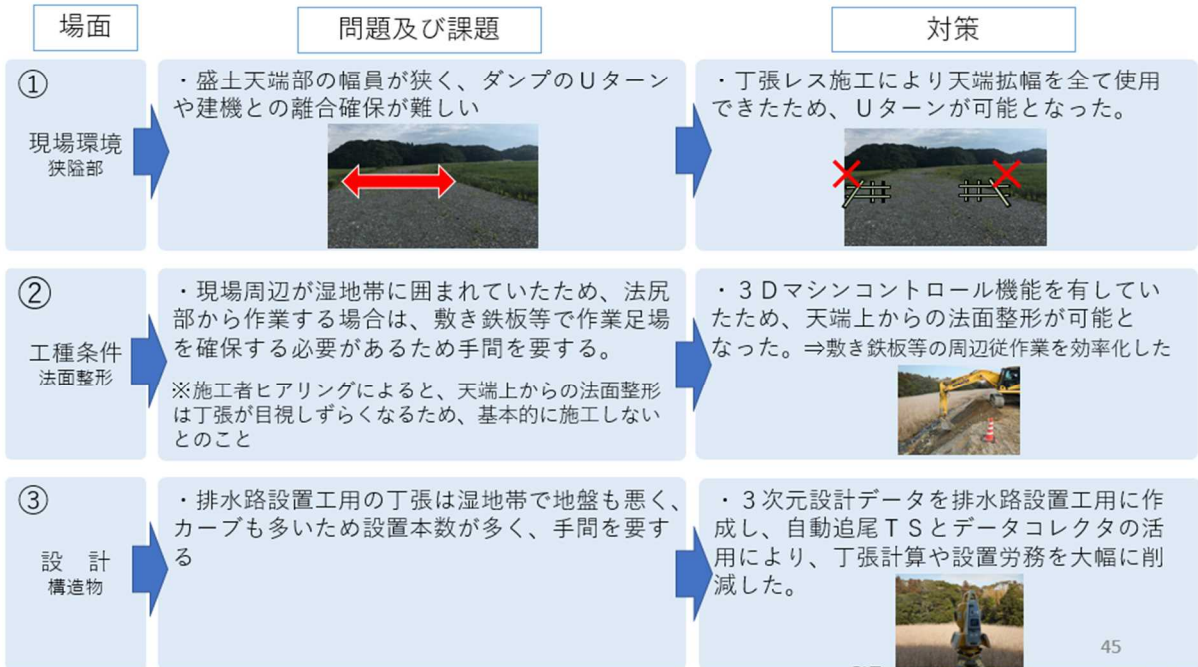
引用：https://www.mlit.go.jp/common/001299661.pdf

## 事例：E

|      |                                      |
|------|--------------------------------------|
| 現場概要 |                                      |
| 施工数量 | 掘削工(切土部)12,710㎡<br>法面整形工(切土部) 6,300㎡ |
| 主な工種 | 道路改良                                 |

### 【効果】

- ・ダンプ丁張レス施工により、狭隘部でのダンプのUターン、離合が可能となった。
- ・ICT建機導入により、天端からの法面整形が可能となった。
- ・3次元設計データの有効活用により、丁張設置労務を大幅削減した。



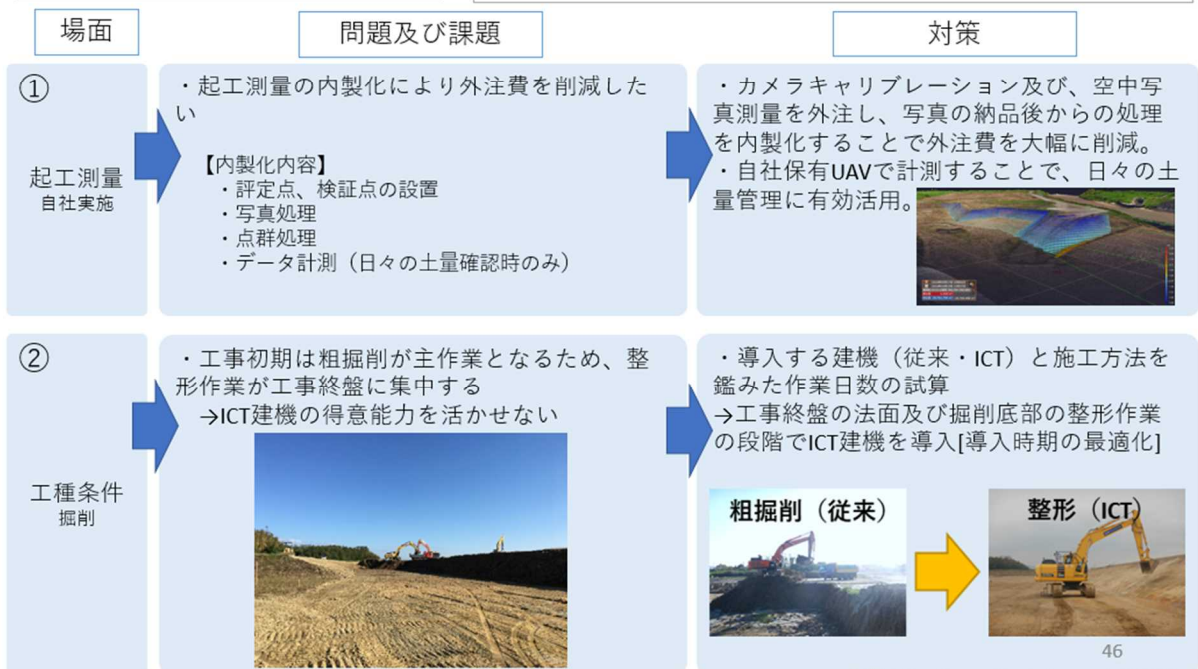
引用：https://www.mlit.go.jp/common/001299661.pdf

## 事例：F

|      |   |
|------|---|
| 現場概要 |   |
| 施工数量 | 掘削31,500m³<br>法面整形(切土部) 2,336㎡<br>底部整形11,220㎡ |
| 主な工種 | 河川土工  |

### 【効果】

- ・UAV測量に必要な機器の全てを導入し、一部のみを外注することにより外注費用を大幅削減可能となった。
- ・ICT活用計画段階で導入する建機の施工能力と施工方法を鑑みた作業量と所要日数を試算することで、導入時期の最適化を行った。また、ICT建機の能力を理解し有効に活用することで、丁張設置本数を削減した。



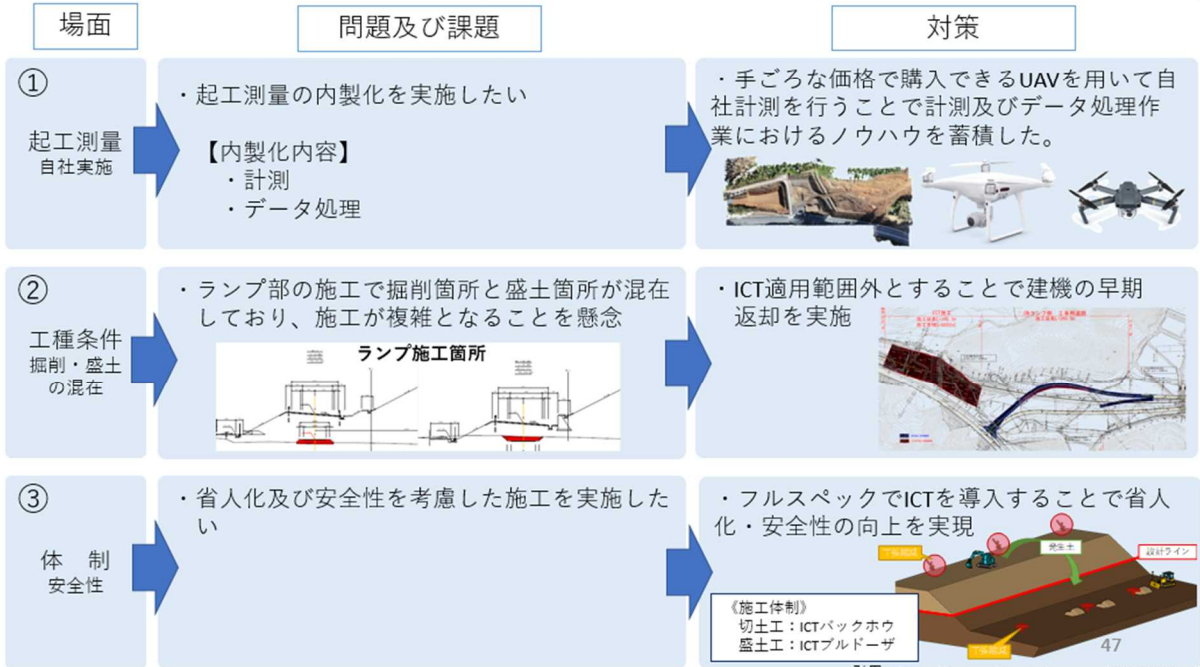
引用：https://www.mlit.go.jp/common/001299661.pdf

## 事例：G

|      |   |
|------|---|
| 現場概要 |   |
| 施工数量 | 片切掘削=470m <sup>3</sup><br>オープンカット=8,200m <sup>3</sup> |
| 主な工種 | 道路土工  |

### 【効果】

- ・起工測量の内製化を行うことでノウハウの蓄積及び出来形管理以外のタイミングでのフライトが可能となり、出来形管理だけではなく、仕上がり確認にも活用することが可能
- ・オペレータ自身が切り出し位置の確認等を実施できるようになり、現場管理者の負担が軽減した



引用：https://www.mlit.go.jp/common/001299661.pdf

## 事例：H

|      |   |
|------|---|
| 現場概要 |   |
| 施工数量 | 河道掘削=18,483m <sup>3</sup><br>張芝工=1,683m <sup>2</sup><br>護岸工：397m <sup>2</sup> |
| 主な工種 | 河川土工  |

### 【効果】

- ・起工測量及び3次元設計データに関して内製化を行うことで、時間は要したがノウハウの蓄積が行えた上、発注者への説明等に3次元を活用することが出来、説明の簡略化を図ることが可能
- ・ICTを導入することで周辺作業が削減され、安全性が向上されることによって、管理者およびオペレータの精神的負担が軽減した。



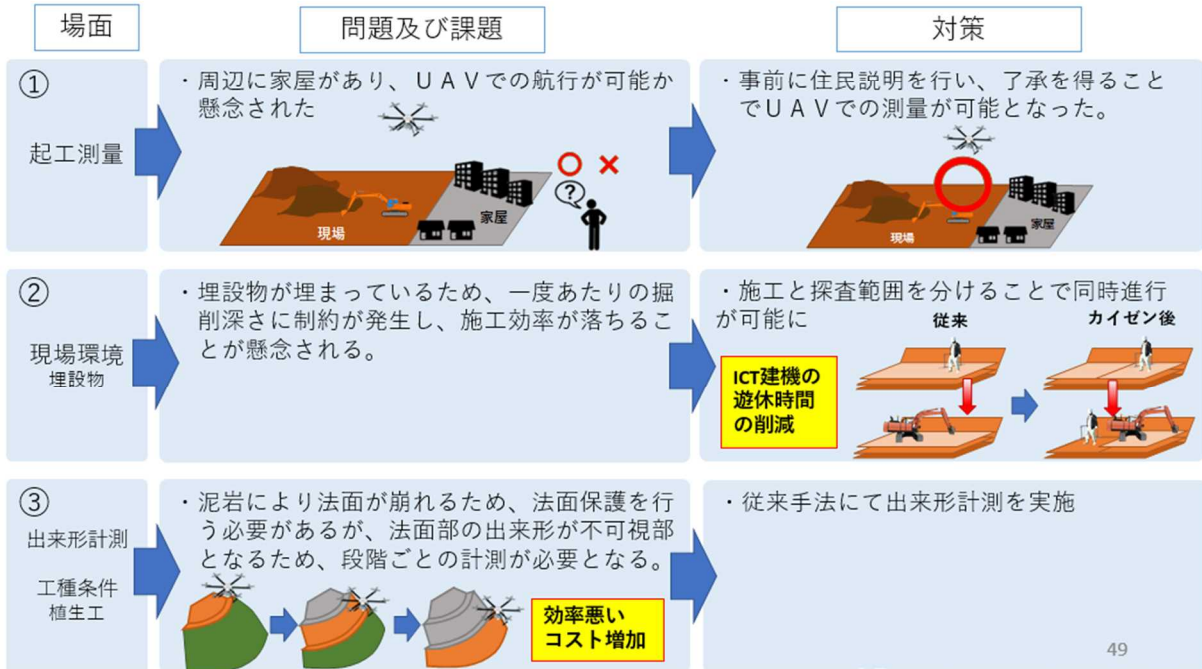
引用：https://www.mlit.go.jp/common/001299661.pdf

## 事例：I

|      |                                   |
|------|-----------------------------------|
| 現場概要 |                                   |
| 施工数量 | 延長128m<br>掘削工13,700m <sup>3</sup> |
| 主な工種 | 道路土工                              |

### 【効果】

- ・施工日数が19日縮減
- ・3次元設計データをICT適用範囲外の施工にも活用することが出来、適用範囲外に関しても効率化を図ることが可能となった。
- ・丁張設置の手間が省力化でい、大幅に手間が軽減した。



49

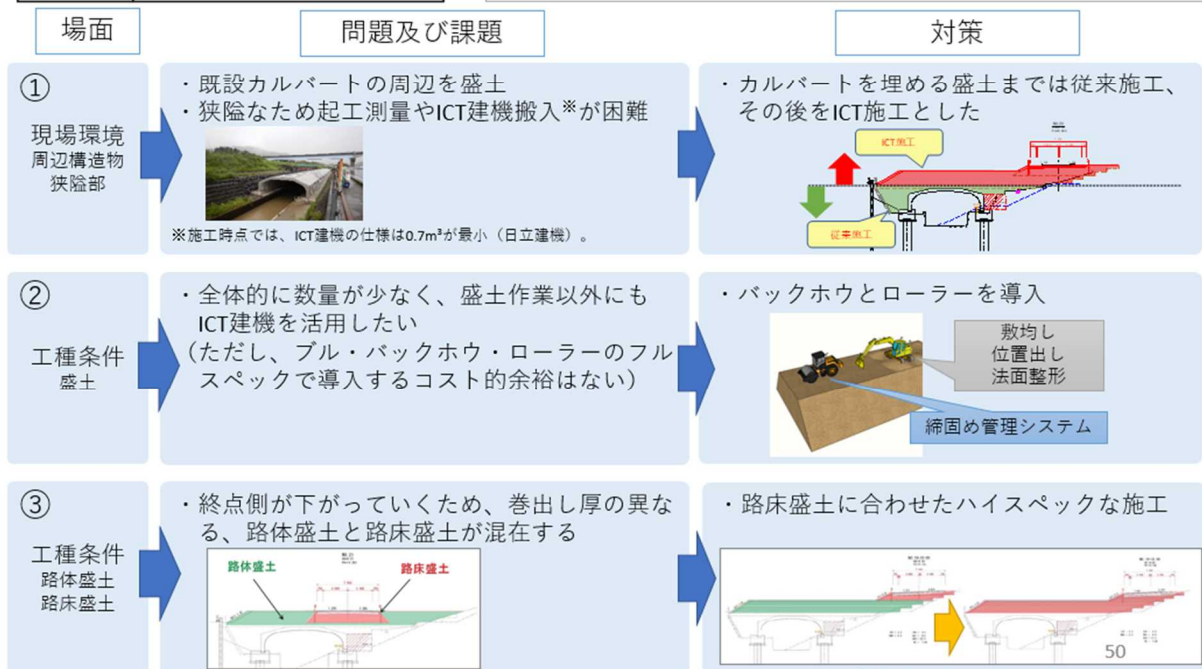
引用：https://www.mlit.go.jp/common/001299661.pdf

## 事例：J

|      |  |
|------|--|
| 現場概要 |  |
| 施工数量 | 延長100m<br>路床盛土740m <sup>3</sup><br>路体盛土4,670m <sup>3</sup> |
| 主な工種 | 道路土工（盛土工）  |

### 【効果】

- ・施工日数27日縮減
- ・設計データ作成は、実際にやってみたら思いのほか簡単であった
- ・丁張り作業が無くなったため大幅に手間が軽減した（作業員）
- ・ICT建設機械による敷均しも容易に行うことができ、敷均し後順次、転圧システム搭載振動ローラーにて転圧が行えたため作業効率が向上した。

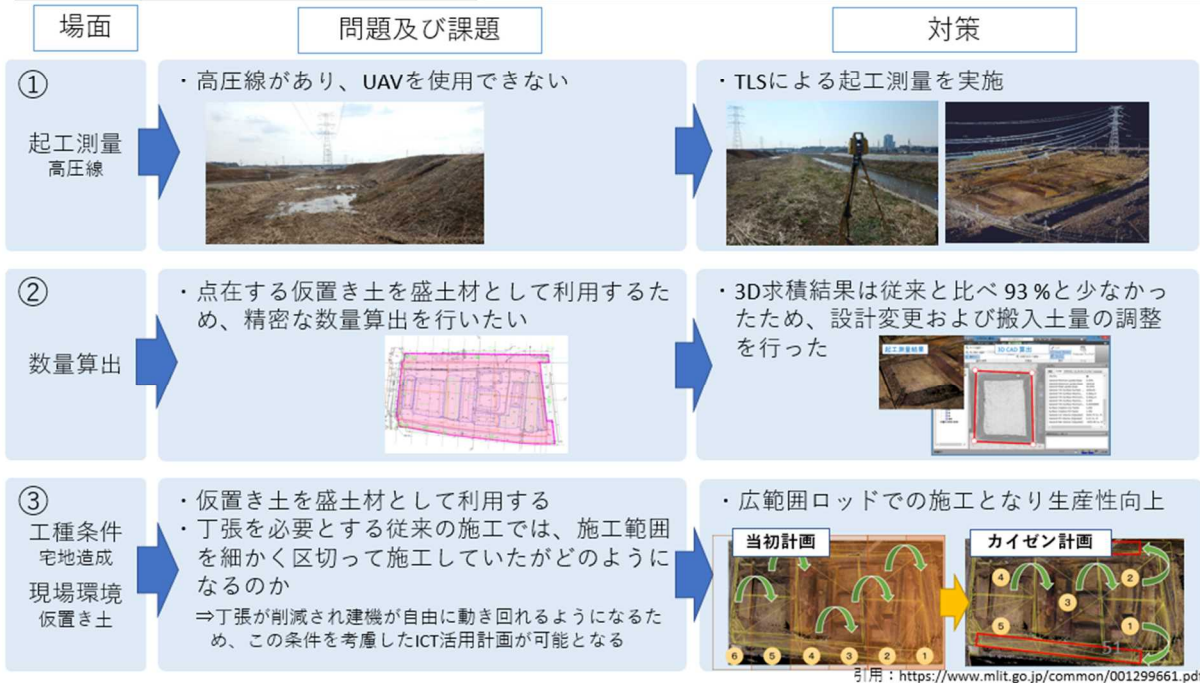


引用：https://www.mlit.go.jp/common/001299661.pdf



## 事例：K

|      |  |  |
|------|--|--|
| 現場概要 |  | 【効果】<br><ul style="list-style-type: none"> <li>稼働60日予定が<b>着手1カ月で完了</b></li> <li>精密な数量算出により、設計変更を実施した</li> <li>3次元設計データを搭載したICT建機の導入によって、丁張の存在を気にせず、広範囲でのICT活用計画の立案が可能となった</li> </ul> |
| 施工数量 | 掘削18,480m <sup>3</sup><br>路体盛土22,900m <sup>3</sup> |  |
| 主な工種 | 宅地造成工事（盛土・掘削）                                      |  |



## 事例：L

|      |  |   |
|------|--|---|
| 現場概要 |  | 【効果】<br><ul style="list-style-type: none"> <li>起工測量日数の削減</li> <li>3次元設計データの内製化、丁張レスによる労務費の大幅削減でコストを削減</li> <li>従来建機とICT建機の組み合わせ施工で更なる作業性向上</li> </ul> |
| 施工数量 | 掘削17,200m <sup>3</sup> 、路体盛土37,600m <sup>3</sup><br>法面整形（切土部）1,500m <sup>2</sup><br>法面整形（盛土部）6,460m <sup>2</sup> |   |
| 主な工種 | 宅地造成工事（盛土・掘削）  |   |



## 事例：M

|      |   |
|------|---|
| 現場概要 |   |
| 施工数量 | 掘削13,200m <sup>3</sup><br>法面整形（切土部）2,110m <sup>3</sup><br>施工延長100m、幅6(8.5)m |
| 主な工種 | 道路土工（掘削工・法面整形工）   |

### 【効果】

- ・ 施工日数 **15日縮減**
- ・ 現場環境を考慮し、十分な品質を得るための適切な機械選定
- ・ 目的に合った機械選定
- ・ 全体最適化による施工スピード向上と、人工の削減



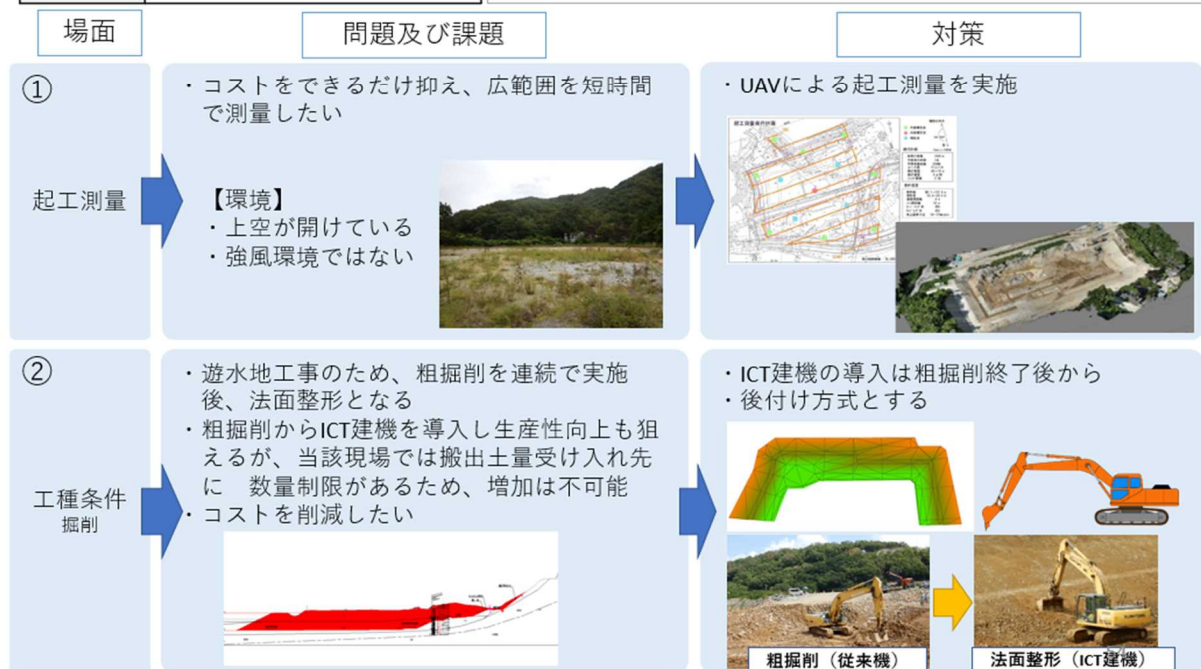
引用：https://www.mlit.go.jp/common/001299661.pdf

## 事例：N

|      |  |
|------|--|
| 現場概要 |  |
| 施工数量 | 掘削67,500m <sup>3</sup><br>法面整形（切土部）5,090m <sup>3</sup> |
| 主な工種 | 遊水地整備（掘削・法面整形工）  |

### 【効果】

- ・ 起工測量に要した人日が、TSの場合23人日のところ、UAVにより3.5人日となり、**19.5人日の削減**となった
- ・ 法面整形のタイミングでICT建機を導入したことにより、遊休時間が生じなかった
- ・ コストの削減



引用：https://www.mlit.go.jp/common/001299661.pdf

## 事例：O

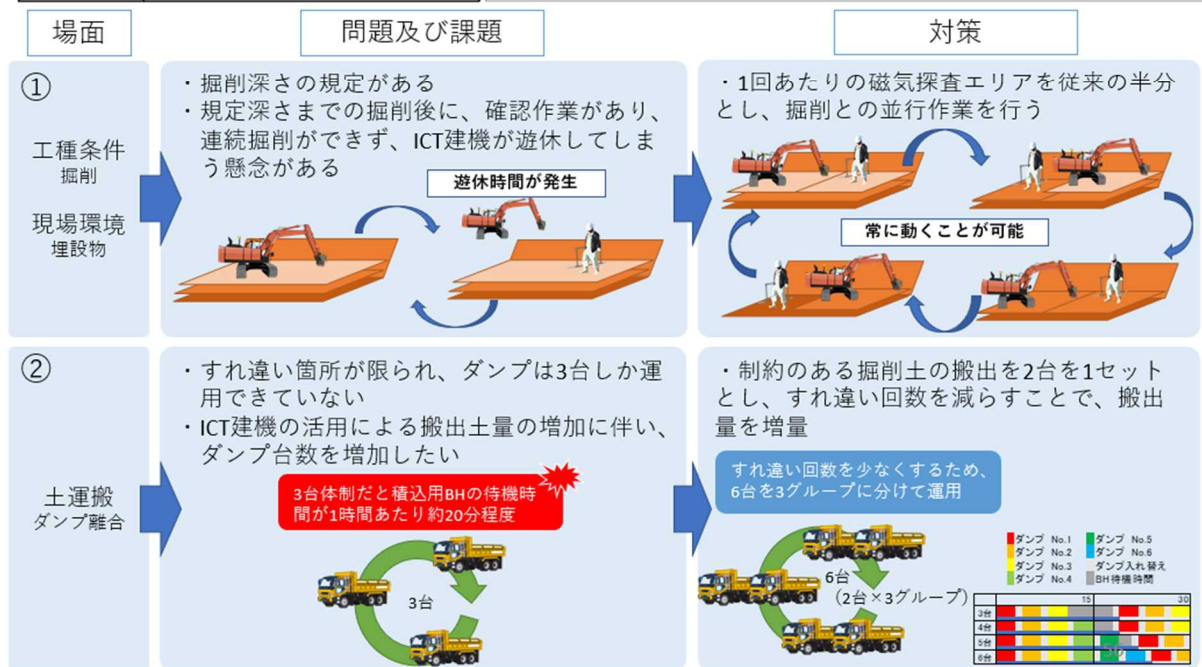
|      |  |  |
|------|--|--|
| 現場概要 |  | 【効果】<br><ul style="list-style-type: none"> <li>・日数の削減効果は39日から31日へと<b>8日(21%)の削減</b></li> <li>・人工数の削減効果は105人から56人へと<b>49人(47%)の削減</b></li> <li>・仮置き土の活用により、MCプルの遊休時間を極力作らない効率的な施工を実施することができた</li> </ul> |
| 施工数量 | 路体盛土 1,200㎡<br>路床盛土 1,700㎡<br>法面整形 840㎡、延長340m |  |
| 主な工種 | 道路土工（盛土・法面整形工）                                 |  |



引用：https://www.mlit.go.jp/common/001299661.pdf

## 事例：P

|      |                                 |  |
|------|---------------------------------|--|
| 現場概要 |                                 | 【効果】<br><ul style="list-style-type: none"> <li>・ICT施工により丁張作業の削減となり施工日数を短縮</li> <li>・労務の大幅削減</li> <li>・ICT建機導入による作業量向上</li> <li>・ダンプ離合のカイゼンにより更なる生産性向上</li> </ul> |
| 施工数量 | 掘削工（大城工区）19,900㎡<br>法面整形工2,310㎡ |  |
| 主な工種 | 道路土工（掘削・法面整形工）                  |  |



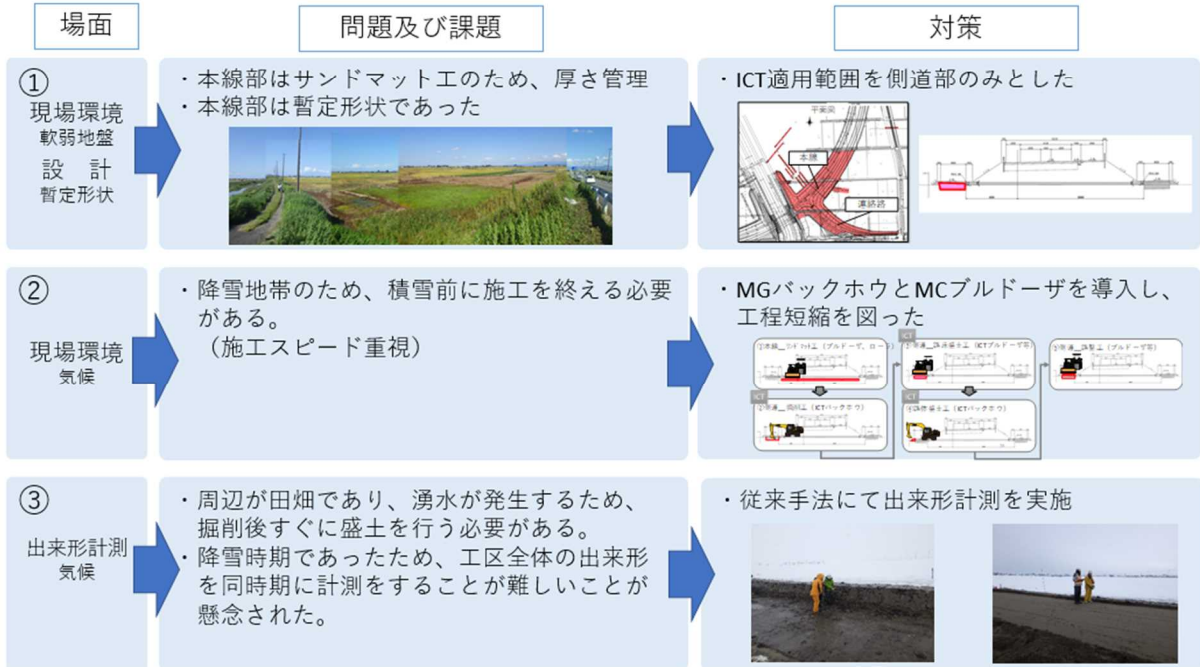
引用：https://www.mlit.go.jp/common/001299661.pdf

## 事例：Q

|      |   |
|------|---|
| 現場概要 |   |
| 施工数量 | 路床盛土工1,600㎡<br>路体盛土工590㎡<br>盛土法面整形工500㎡ |
| 主な工種 | 道路改良                                    |

### 【効果】

- ICTを導入したことで丁張レス施工が可能となり、作業全体で**1.7倍生産性が向上**した。
- 気候や現場条件に合わせた出来形管理手法を採用することで、確実な管理を実施することが可能となった。



引用：https://www.mlit.go.jp/common/001299661.pdf

## 事例：R

|      |                                      |
|------|--------------------------------------|
| 現場概要 |                                      |
| 施工数量 | 掘削11,000㎡<br>路体・路床盛土550㎡<br>法面整形830㎡ |
| 主な工種 | 道路改良                                 |

### 【効果】

- 施工日数が**19日縮減**
- 3次元設計データをICT適用範囲外の施工にも活用することが出来、適用範囲外に関しても効率化を図ることが可能となった。
- 丁張設置の手間が省力化で、大幅に手間が軽減した。



引用：https://www.mlit.go.jp/common/001299661.pdf

## 事例：S

|      |                                     |
|------|-------------------------------------|
| 現場概要 |                                     |
| 施工数量 | 掘削11,000m <sup>3</sup><br>施工延長：300m |
| 主な工種 | 道路改良                                |

### 【効果】

- 多点観測技術で起工測量を行うことによって、従来に比べ、精緻な数量算出が可能となった。
- 湧き水による丁張の再設置作業が削減されたことで労務費等省力化を図ることが可能となった。



引用：https://www.mlit.go.jp/comm/001299661.pdf

## 7. (参考) ICT活用工事に適用可能な計測機器

60

### (参考) ICT活用工事に適用可能な技術 (計測機器)

面管理の場合

R 2.3時点

| 主な技術                        | 特徴   | 留意点  | 適用可能工種   |
|-----------------------------|--|--|--|
| ① 空中写真測量 (UAV) ・ (UAV_TS)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ TLSと比べて計測時間が短い</li> <li>・ 広範囲を短時間で計測可能</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 強風や雨などの天候により計測できない</li> <li>・ 航空法の規定により利用できない地域がある</li> <li>・ 計測結果の解析に多少の時間を要す</li> <li>・ 高圧線等の電圧障害が予想されるエリアは計測できない</li> <li>※UAV_TSの場合は、影響ない</li> <li>・ 計測対象に障害物が覆いかぶさっている場合は計測できない</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 土工</li> </ul>   |
| ② 無人航空機搭載型レーザースキャナ (UAV_LS) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ TLSと比べて計測時間が短い</li> <li>・ 広範囲を短時間で計測可能</li> <li>・ 空中写真測量と比べて解析時間が短い</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 強風や雨などの天候により計測できない</li> <li>・ 航空法の規定により利用できない地域がある</li> <li>・ 高圧線等の電圧障害が予想されるエリアは計測できない</li> <li>・ 障害物がある場合、陰になる部分は計測できない</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 土工</li> </ul>   |
| ③ 地上型レーザースキャナ (TLS)         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ TS_NPと比べて計測時間が短い</li> <li>・ 空中写真測量と比べて解析時間が短い</li> <li>・ 多少の風であれば計測可能</li> </ul>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ カーブが多い場合や盛土 (嵩土) の場合、設置角度が増える</li> <li>・ 障害物がある場合、陰になる部分は計測できない</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 土工</li> <li>・ 舗装工</li> </ul>                                |
| ④ 地上移動型レーザースキャナ (MLS)       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ TLSと比べて計測時間が短い</li> <li>・ 空中写真測量と比べて解析時間が短い</li> <li>・ 多少の風であれば計測可能</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 障害物がある場合、陰になる部分は計測できない</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 土工</li> <li>・ 舗装工</li> </ul>                                |
| ⑤ TS (ノンプリズム方式) (TS_NP)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 多少の風であれば計測可能</li> <li>・ 計測対象範囲を精度よく、点名を指定して計測が可能</li> <li>・ TLSと比べて点群処理の手間が軽減される</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ TLSと比べて計測時間が長い</li> <li>・ カーブや盛土の場合に設置角度が増える</li> <li>・ 障害物がある場合、陰になる部分は計測できない</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 土工</li> <li>・ 舗装工</li> </ul>                                |
| ⑥ TS等光波方式                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事前に伐開の必要がない</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 必要点名を人力作業により取得するための、計測労力がかかる</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 土工</li> <li>・ 舗装工</li> </ul>                                |
| ⑦ RTK_GNSS                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機械の置替えが必要</li> <li>・ 事前に伐開の必要がない</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 必要点名を人力作業により取得するための、労力がかかる</li> <li>・ 高圧線等の電圧障害が予想されるエリアは計測できない</li> <li>・ マルチパスがある場合、計測不可となる場合がある</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 土工</li> </ul>   |
| ⑧ 施工履歴データ                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 施工後にその計測器による計測の必要がない</li> <li>・ 出来形対象工種は限定的</li> </ul>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高圧線等の電圧障害が予想されるエリアは計測できない</li> <li>・ マルチパスがある場合、計測不可となる場合がある</li> <li>・ 確実に1㎡に1点以上の施工履歴データを確保できる設定にする必要がある</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 浚渫工</li> <li>・ 土工 (河床部)</li> <li>・ 地盤改良工 (表層、中層)</li> </ul> |
| ⑨ 音響測深機器                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 出来形対象工種は限定的</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高圧線等の電圧障害が予想されるエリアは計測できない</li> <li>・ マルチパスがある場合、計測不可となる場合がある</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 浚渫工</li> <li>・ 土工 (河床部)</li> </ul>                          |
| ⑩ 3次元計測技術                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 出来形対象工種は限定的</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 欠測部を出さないよう注意が必要となる</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 測量工</li> </ul>  |

61

## (参考) ICT活用工事に適用可能な技術 (計測機器)

### 測点管理の場合

R 2.3時点

| 主な技術       | 特徴                         | 留意点   | 適用可能工種              |
|------------|----------------------------|---|---------------------|
| ③ TS等光波方式  | ・事前に伏開の必要がない               | ・Surfaceデータの他に基本設計データが必要となる   | ・土工<br>・舗装工<br>・護岸工 |
| ⑦ RTK_GNSS | ・機械の置替えが不要<br>・事前に伏開の必要がない | ・高圧線等の電波障害が予想されるエリアは計測できない<br>・マルチパスがある場合、計測不可となる場合がある<br>・Surfaceデータの他に基本設計データが必要となる | ・土工                 |

### 点間距離管理の場合

| 主な技術      | 特徴           | 留意点                 | 適用可能工種 |
|-----------|--------------|---------------------|--------|
| ⑧ 3次元計測技術 | ・出来形対象工種は限定的 | ・欠測部を出さないよう注意が必要となる | ・法面工   |

## ポイント

### ①面管理の場合

ICT活用工事では面管理による出来形管理手法を基本とするが、“計測のタイミングが複数回にわたることにより一回当たりの計測範囲が狭小となるなど、面管理が非効率となる場合は、従来手法による出来形管理を行ってもよい”という緩和措置が設けられている。

### ②測点管理の場合

①が適用となった場合、従来手法または、TS等、GNSSローバーによる出来形計測手法を選択することが可能となる。

### ③点間距離管理の場合

法面工においては、計測した点群の2点間距離により出来形を計測する。

※右図：点間距離算出イメージ (延長)



62

## 8. (参考) ICT活用工事に適用可能な建機

63

### (参考) ICT活用工事に適用可能な技術 (建機)

| ICT建機                          |                        |    |  | R 2.3時点                                       |
|--------------------------------|------------------------|----|--|---|
| 建設機械                           | 計測装置                   | 形状 | 技術   | 特徴  |
| ①<br>②<br>③<br>④<br>⑤<br>バックホウ | GNSSorTS               | 3D | MC (マシンコントロール)                                       | 作業装置の位置を計算、システムが油圧を制御し作業機を自動でコントロールするシステム     |
|                                |                        |    | MG (マシンガイダンス)  | 作業装置の位置を計算し、表示・誘導するシステム                       |
|                                | 履帯型3DMG (マシンガイダンス)     |    | 刃先に専用の治具を取り付け、TSで刃先位置を計測し表示・誘導するシステム                 |   |
|                                | 掘土板MC<br>※バケットはガイダンス無し |    | 掘土板に取り付けたプリズムの位置をTSで計測し、施工面までの高さを誘導、掘土板をコントロールするシステム |   |
|                                | 掘土板MG<br>※バケットはガイダンス無し |    | 掘土板に取り付けたプリズムの位置をTSで計測し、施工面までの高さを誘導するシステム            |   |
| ⑥<br>⑦<br>ブルドーザ                | GNSSorTS               | 3D | MC (マシンコントロール)                                       | 作業装置の位置を計算、システムが油圧を制御し作業機を自動でコントロール           |
|                                |                        |    | MG (マシンガイダンス)  | 作業装置の位置を計算し、表示・誘導するシステム                       |
| ⑧<br>ローラー                      | GNSSorTS               | 2D | 縞目管理システム   | 縞目の機械の走行軌跡を計測し、縞目の回転をリアルタイムに画面に表示することが出来るシステム |
| ⑨<br>グレーダ                      | GNSSorTSor回転レーザー       | 3D | MC (マシンコントロール)                                       | 作業装置の位置を計算、システムが油圧を制御し作業機を自動でコントロール           |
| ⑩<br>⑪<br>切削機                  | GNSSorTS               | 3D | MC (マシンコントロール)                                       | 作業装置の位置を計算、システムが油圧を制御しドラムを自動でコントロール           |
|                                |                        |    | MG (マシンガイダンス)  | 作業装置の位置を計算し、表示・誘導するシステム                       |
| ⑫<br>⑬<br>フィニッシャー              | GNSSorTS               | 3D | MC (マシンコントロール)                                       | 作業装置の位置を計算、システムが油圧を制御しドラムを自動でコントロール           |
|                                |                        |    | MG (マシンガイダンス)  | 作業装置の位置を計算し、表示・誘導するシステム                       |

| その他ICT建機   |        |    |                 | ※注意 2DシステムはICT施工には該当しない                       |
|------------|--------|----|-----------------|---|
| 建設機械       | 計測装置   | 形状 | 技術              | 特徴  |
| ①<br>バックホウ | センサー   | 2D | 2DMG (マシンガイダンス) | センサーや画面を取り付け、2Dマシンガイダンスとして使用することが出来るシステム      |
|            | 回転レーザー |    | 2DMG (マシンガイダンス) | 回転レーザーの高さを基準に施工面までの高さ誘導するシステム                 |
| ②<br>ブルドーザ | 回転レーザー | 2D | MC (マシンコントロール)  | 回転レーザーの高さを基準に施工面までの高さ誘導し、作業装置を自動でコントロールするシステム |
|            |        |    | MG (マシンガイダンス)   | 回転レーザーの高さを基準に施工面までの高さ誘導するシステム                 |

64



## 9. (参考) ICT活用工事の関連要領一覧

65

### (参考) 出来形管理要領と関連書一覧 (1/2)

R 2.3時点

|            | 写真測量 | LS     | TS等   | その他     | 適用区分    | タイトル  | 備考       |
|------------|------|--------|-------|---------|---------|---|----------|
| 土工         | 1    | UAM搭載  |       |         |         | 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)        |          |
|            | 2    | UAM搭載  |       |         |         | 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)              |          |
|            | 3    |        | 地上型   |         |         | 地上型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)         |          |
|            | 4    |        | 地上型   |         |         | 地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編)(案)               |          |
|            | 5    | UAM搭載型 |       |         |         | 無人航空機搭載型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)     |          |
|            | 6    | UAM搭載型 |       |         |         | 無人航空機搭載型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編)(案)          |          |
|            | 7    |        |       | TS等     |         | TS等光波方式を用いた出来形管理の監督・検査要領(土工編)(案)              |          |
|            | 8    |        |       | TS等     |         | TS等光波方式を用いた出来形管理要領(土工編)(案)                    |          |
|            | 9    |        |       | ノンプリ方式  |         | T S (ノンプリ)を用いた出来形管理の監督・検査要領(土工編)(案)           |          |
|            | 10   |        |       | ノンプリ方式  |         | T S (ノンプリ)を用いた出来形管理要領(土工編)(案)                 |          |
|            | 11   |        | 地上移動型 |         |         | 地上移動体搭載型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)    | H3141 改定 |
|            | 12   |        | 地上移動型 |         |         | 地上移動体搭載型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編)(案)          | H3141 改定 |
|            | 13   |        |       | GNSS    |         | R T K - G N S Sを用いた出来形管理の監督・検査要領(土工編)(案)      |          |
|            | 14   |        |       | GNSS    |         | R T K - G N S Sを用いた出来形管理要領(土工編)(案)            |          |
|            | 15   |        |       | TS・GNSS | 盛土の品質管理 | T S ・ G N S Sを用いた盛土の締固め管理監督検査要領(案)            |          |
|            | 16   |        |       | TS・GNSS | 盛土の品質管理 | T S ・ G N S Sを用いた盛土の締固め管理要領(案)                | H3141 改定 |
|            | 17   |        |       | TS・GNSS | 出来形算出   | 施工履歴データによる土工の出来高算出要領(案)                       | H3141 改定 |
|            | 18   |        |       | TS・GNSS | 施工履歴の管理 | ICT建設機械 精度確認要領(案)                             | H3141 策定 |
|            | 19   | 地上移動型  |       |         | 出来高     | ステレオ写真測量(地上移動体)を用いた土工の出来高算出要領(案)              |          |
| 舗装         | 20   |        | 地上型   |         |         | 地上型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(舗装工事編)(案)       |          |
|            | 21   |        | 地上型   |         |         | 地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(舗装工事編)(案)             | H3141 改定 |
|            | 22   |        |       | TS等     |         | T S 等光波方式を用いた出来形管理の監督・検査要領(舗装工事編)(案)          | H3141 改定 |
|            | 23   |        |       | TS等     |         | T S 等光波方式を用いた出来形管理要領(舗装工事編)(案)                | H3141 改定 |
|            | 24   |        | 地上移動型 |         |         | 地上移動体搭載型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(舗装工事編)(案)  | H3141 改定 |
|            | 25   |        | 地上移動型 |         |         | 地上移動体搭載型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(舗装工事編)(案)        | H3141 改定 |
|            | 26   |        |       | ノンプリ方式  |         | T S (ノンプリ)を用いた出来形管理の監督・検査要領(舗装工事編)(案)         |          |
|            | 27   |        |       | ノンプリ方式  |         | T S (ノンプリ)を用いた出来形管理要領(舗装工事編)(案)               |          |
| 河川         | 28   |        |       | 音響測深    |         | 音響測深機を用いた出来形管理の監督検査要領(河川浚渫工事編)(案)             |          |
|            | 29   |        |       | 音響測深    |         | 音響測深機を用いた出来形管理要領(河川浚渫工事編)(案)                  |          |
|            | 30   |        |       | 施工履歴    |         | 施工履歴データを用いた出来形管理の監督・検査要領(河川浚渫工事編)(案)          |          |
|            | 31   |        |       | 施工履歴    |         | 施工履歴データを用いた出来形管理要領(河川浚渫工事編)(案)                |          |
| 護岸工        | 32   |        | TS等   | 面管理ではない |         | T S 等光波方式を用いた出来形管理の監督・検査要領(護岸工編)(案)           | H3141 策定 |
|            | 33   |        | TS等   | 面管理ではない |         | T S 等光波方式を用いた出来形管理要領(護岸工編)(案)                 | H3141 策定 |
| 法面工        | 34   |        | TS等   | 面管理ではない |         | 3次元計測技術を用いた出来形計測の監督・検査要領(案)                   | H3141 策定 |
|            | 35   |        | TS等   | 面管理ではない |         | 3次元計測技術を用いた出来形計測要領(案)                         | H3141 策定 |
| 地盤改良       | 36   |        | GNSS  |         |         | 施工履歴データを用いた出来形管理の監督・検査要領(表層安定処理・中層地盤改良工事編)(案) | H3141 策定 |
|            | 37   |        | GNSS  |         |         | 施工履歴データを用いた出来形管理要領(表層安定処理・中層地盤改良工事編)(案)       | H3141 策定 |
| トンネル<br>点検 | 38   |        |       | 点検      |         | 点検支援技術(画像計測技術)を用いた3次元成果品納品マニュアル(トンネル編)(案)     | H3141 改定 |
| 橋梁<br>点検   | 39   |        |       | 点検      |         | 点検支援技術(画像計測技術)を用いた3次元成果品納品マニュアル(橋梁編)(案)       | H3141 改定 |

## (参考) 出来形管理要領と関連書一覧 (2/2)

### R 2.3時点

| 番号      | 土工 | 舗装 | その他   | 業務区分    | タイトル                           | 備考                 |
|---------|----|----|-------|---------|--------------------------------|--------------------|
| 別紙-1    |    |    |       | 測量業務    | UAV等を用いた公共測量実施要領               | UAVやLSの測定の積算も掲載    |
| 別紙-2    |    |    |       | 設計業務    | 土工の3次元設計実施要領                   | 土工の3Dデータ作成の積算も掲載   |
| 別紙-3(1) |    |    |       | 測量業務    | 3次元ベクトルデータ作成業務実施要領             |                    |
| 別紙-3(2) |    |    |       | 設計業務    | 3次元設計周辺データ作成業務実施要領             |                    |
| 別紙-4    | ○  |    |       | 工事      | ICT活用工事(土工)実施要領                | 適用範囲の設定や除外の運用方法が記載 |
| 別紙-5    | ○  | ○  |       | 共通      | ICT活用工事、CIM活用業務・工事の見積り書の依頼について |                    |
| 別紙-6    | ○  |    |       | 工事      | ICT活用工事(土工)積算要領                |                    |
| 別紙-7    |    | ○  |       | 工事      | ICT活用工事(舗装工)実施要領               | 適用範囲の設定や除外の運用方法が記載 |
| 別紙-8    |    | ○  |       | 工事      | ICT活用工事(舗装工)積算要領               |                    |
| 別紙-9    |    |    |       | 設計業務    | CIM活用業務実施要領                    |                    |
| 別紙-10   |    |    | CIM   | 工事      | CIM活用工事実施要領                    |                    |
| 別紙-11   |    |    | 河川浚渫  | 工事      | ICT活用工事(河川浚渫)実施要領              |                    |
| 別紙-12   |    |    | 河川浚渫  | 工事      | ICT活用工事(河川浚渫)積算要領              |                    |
| 別紙-13   |    |    |       | 点検      | 定期点検における点検支援技術活用業務実施要領         |                    |
| 別紙-14   |    |    | 河床    | 工事      | ICT活用工事(河床等掘削)積算要領             |                    |
| 別紙-15   | ○※ | ○※ | 床掘    | 工事      | ICT活用工事(作業土工(床掘))実施要領          |                    |
| 別紙-16   | ○※ | ○※ | 床掘    | 工事      | ICT活用工事(作業土工(床掘))積算要領          |                    |
| 別紙-17   | ○※ | ○※ | 付帯構造物 | 工事      | ICT活用工事(付帯構造物設置工)実施要領          |                    |
| 別紙-18   | ○※ | ○※ | 付帯構造物 | 工事      | ICT活用工事(付帯構造物設置工)積算要領          |                    |
| 別紙-19   | ○※ | ○※ | 法面    | 工事      | ICT活用工事(法面工)実施要領               |                    |
| 別紙-20   | ○※ | ○※ | 法面    | 工事      | ICT活用工事(法面工)積算要領               |                    |
| 別紙-21   |    |    | 地盤改良  | 工事      | ICT活用工事(地盤改良工)実施要領             |                    |
| 別紙-22   |    |    | 地盤改良  | 工事      | ICT活用工事(地盤改良工(安定処理))積算要領       |                    |
| 別紙-23   |    |    | 地盤改良  | 工事      | ICT活用工事(地盤改良工(中層混合処理))積算要領     |                    |
| (別添-1)  |    |    |       | BIM/CIM | CIM活用項目における実施内容の記載例            |                    |
| (別添-2)  |    |    |       | BIM/CIM | CIM実施計画書                       |                    |
| 別記様式-1  |    |    |       | ICT活用工事 | (土工)【ICT施工技術の活用】               |                    |
| 別記様式-2  |    |    |       | ICT活用工事 | (舗装)【ICT施工技術の活用】               |                    |
| 別記様式-3  |    |    |       | ICT活用工事 | (河川浚渫)【ICT施工技術の活用】             |                    |

※：ICT掘削(路体・路床と同時施工に適用)

## 2. ICT建設機械の手引き

## 2. ICT建設機械の手引き

### 2.1 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】

# 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

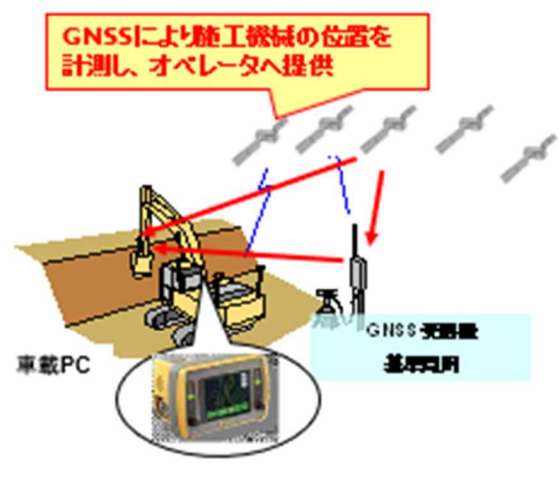
## 1.①マシンコントロール技術 (バックホウ) の概要

- ▶ 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



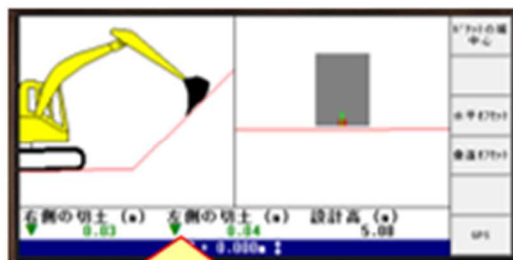
GNSSを用いたMCイメージ



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(バックホウ)技術を用いた施工イメージ

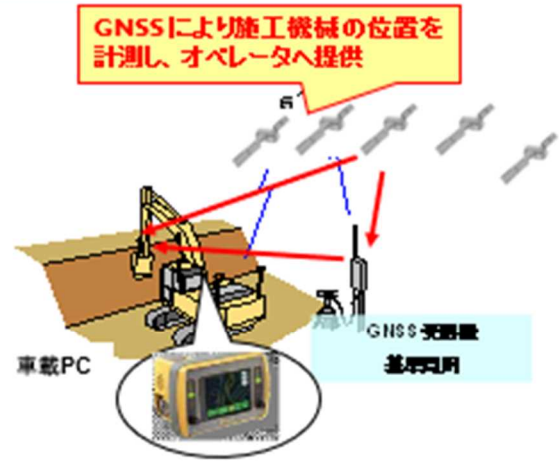
## 1.② マシンガイダンス技術 (バックホウ) の概要

- ▶ 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。

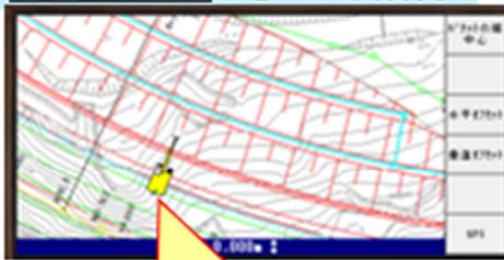
TSを用いたMCイメージ



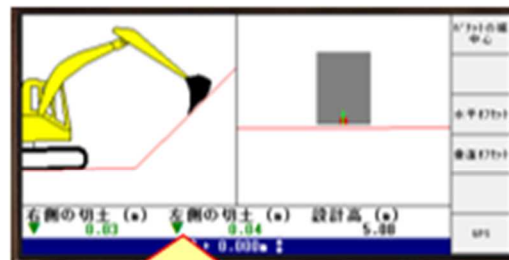
GNSSを用いたMCイメージ



車載PC画面イメージ ※各メーカーにより異なる

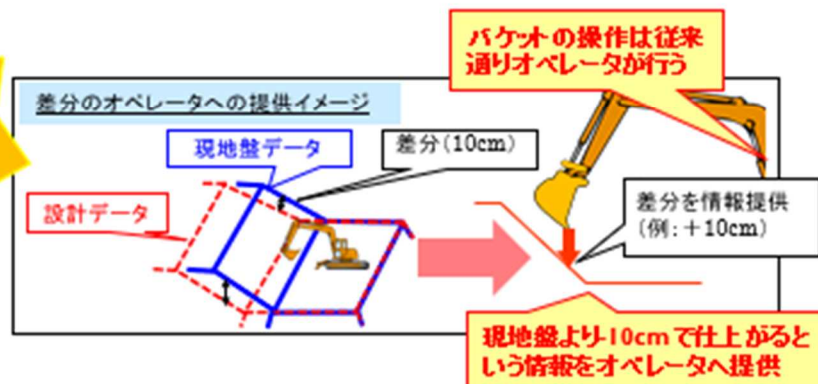


車載PCに搭載された設計データに対する施工機械位置をリアルタイムに提供



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

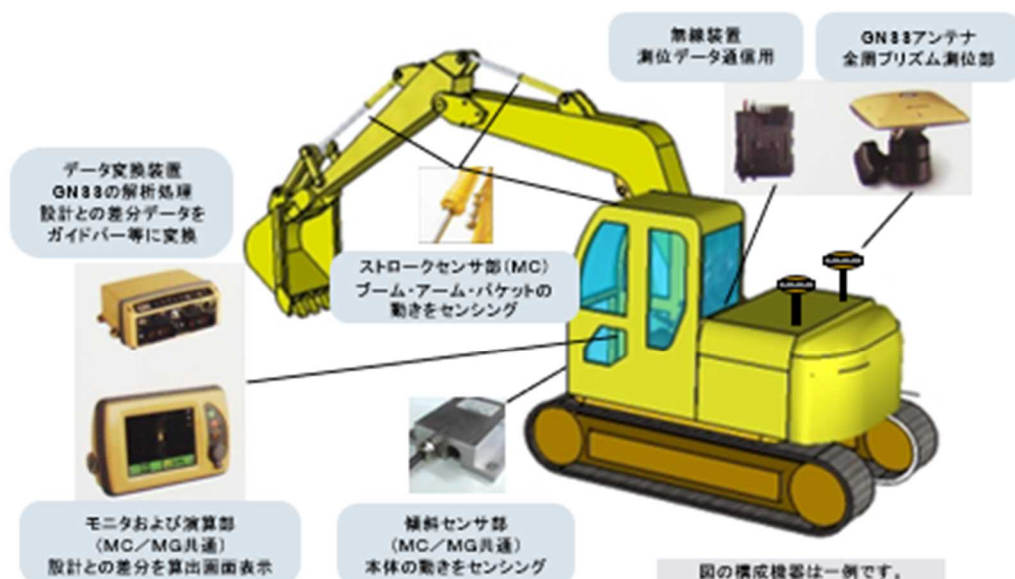
MCとは  
ここが  
違う!



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、⑤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

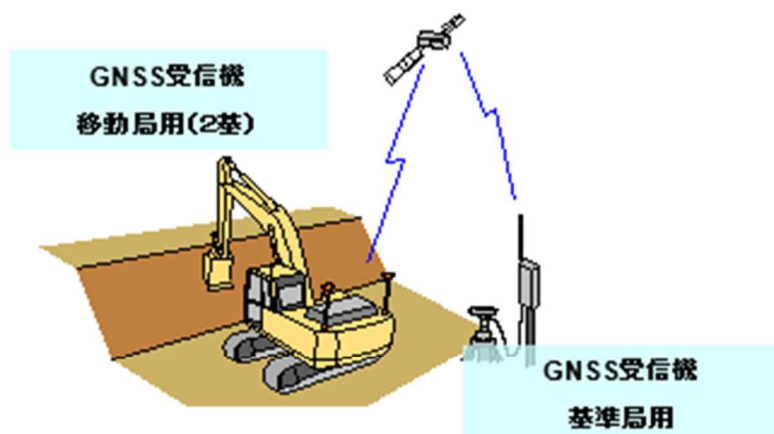
- ・バックホウの作業によっては、振動や負荷がかかり、剥離や亀裂等が発生する場合もあるため、GNSSやセンサの取り付け位置は、十分強度(ブラケット補強等)がある箇所へ設置してください。

### 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<br>施工管理 | 備考 |
|------------------|---|-------------------------|-------|------|------|---------------|----|
|                  |   |                         |       | 河川土工 | 道路土工 |               |    |
| ICT建設機械<br>による施工 | 3次元マシンコントロール(ブルドーザ)技術<br>3次元マシンガイダンス<br>(ブルドーザ)技術     | まさだし<br>敷均し<br>掘削<br>整形 | ブルドーザ | ○    | ○    |               |    |
|                  | 3次元マシンコントロール<br>(バックホウ)技術<br>3次元マシンガイダンス(バック<br>ホウ)技術 | 掘削<br>整形                | バックホウ | ○    | ○    |               |    |

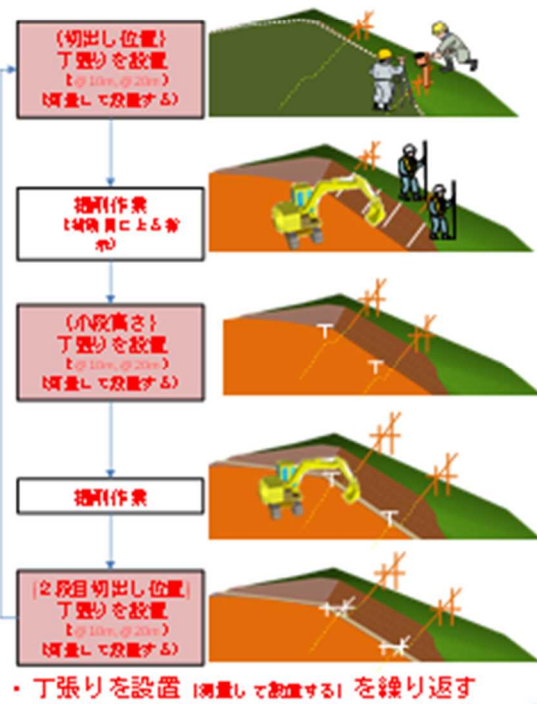
#### □ ICT活用工事(土工)以外での適用工種

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】



### 【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)

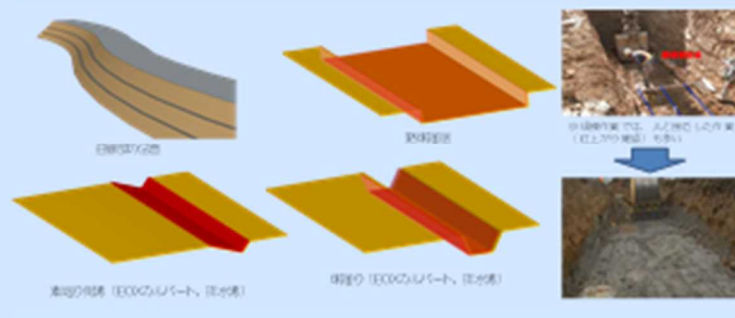
- 丁張り作業の **人件費**、丁張り**材料費**を削減。
- **掘削の指示**(丁張りなどの段取り替え)待ち、**勾配の仕上がり確認時間**も減り、バックホウの作業時間が増加。結果的に効果的な作業が実現。
- MCの活用で**準備作業**(丁張り計算・丁張り設置)は**1段階でも多段階でもほぼ変わらない作業**になり、複雑な法面でもより効果を発揮。

※ 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掘削を防止できる

### 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

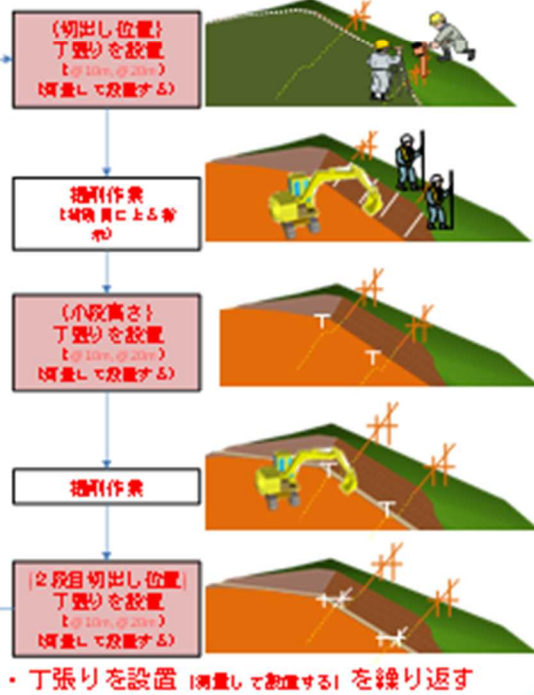


MCバックホウはデータ作成次第で活用場面が広がる。法面だけでなく、様々な3次元データを作成して効果的に活用することが重要。

## 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】



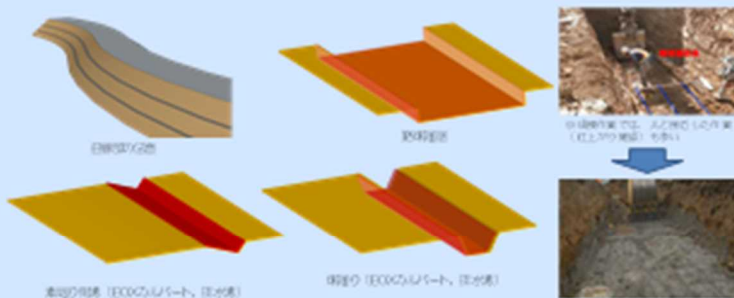
### 【MG技術】



### 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。

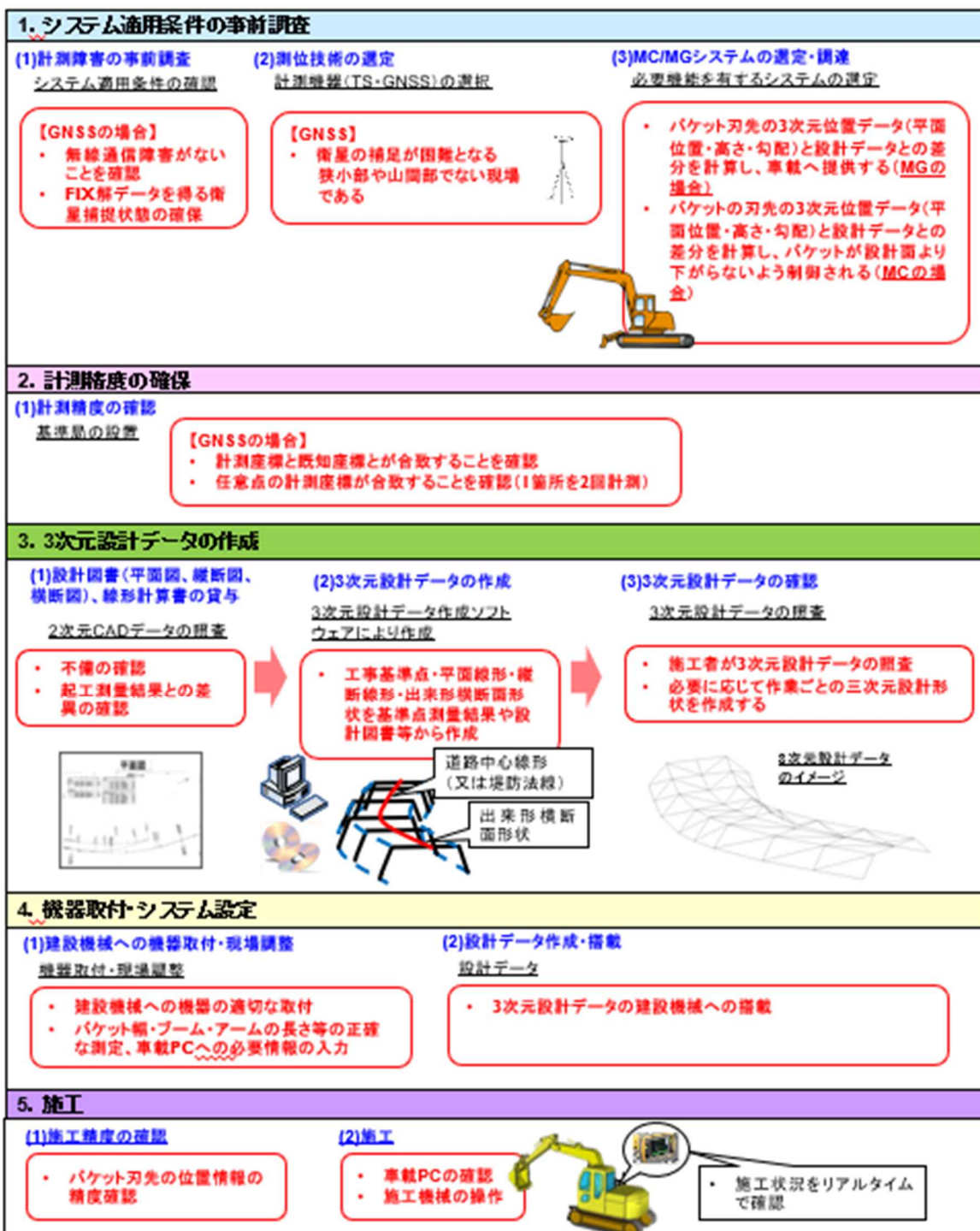
様々なアタッチメントでも利用できる





## 6. MC/MG技術 (バックホウ) 導入の主要5パート

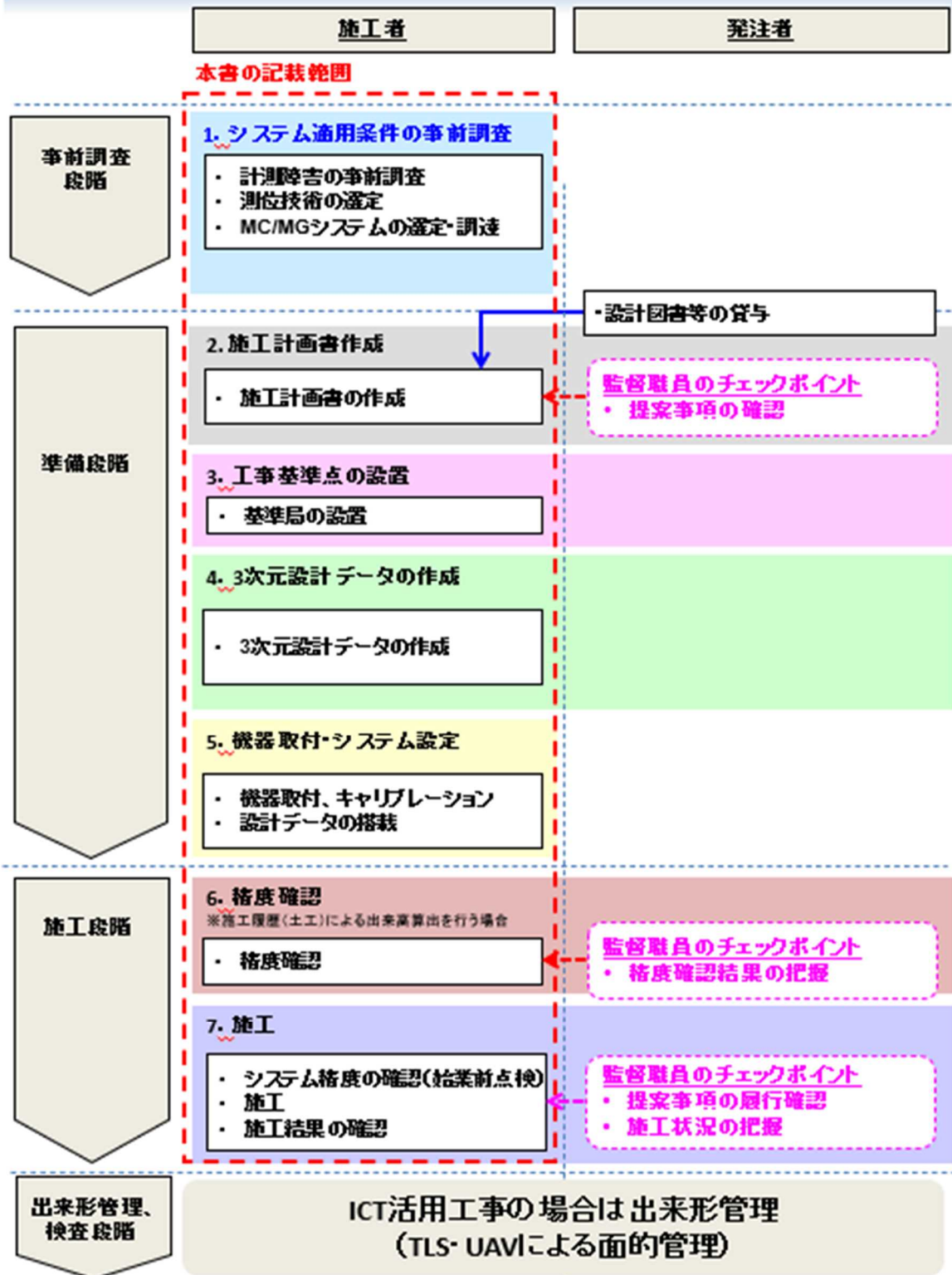
- ▶ MC/MG技術を用いた施工では以下の主要5パートの適切な実施により、施工精度を確保することができます。



1. 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 style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">計測障害の<br/>事前調査</div>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 計測障害の事前調査(解説①) P15</li> </ul>                                  |
| <div style="text-align: center;">↓</div> <div 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

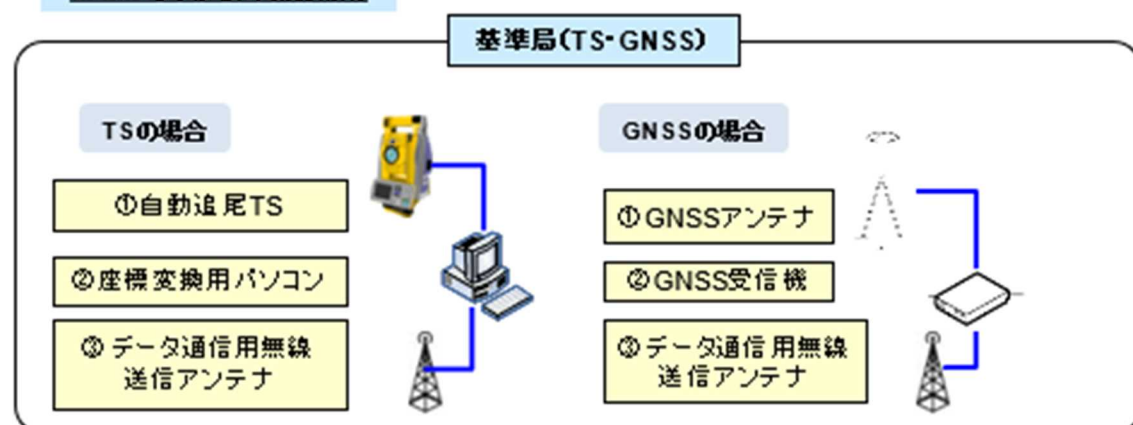
## 解説②：測位技術の選定【施工者】

～2.システム適用条件の事前調査時の実務内容～

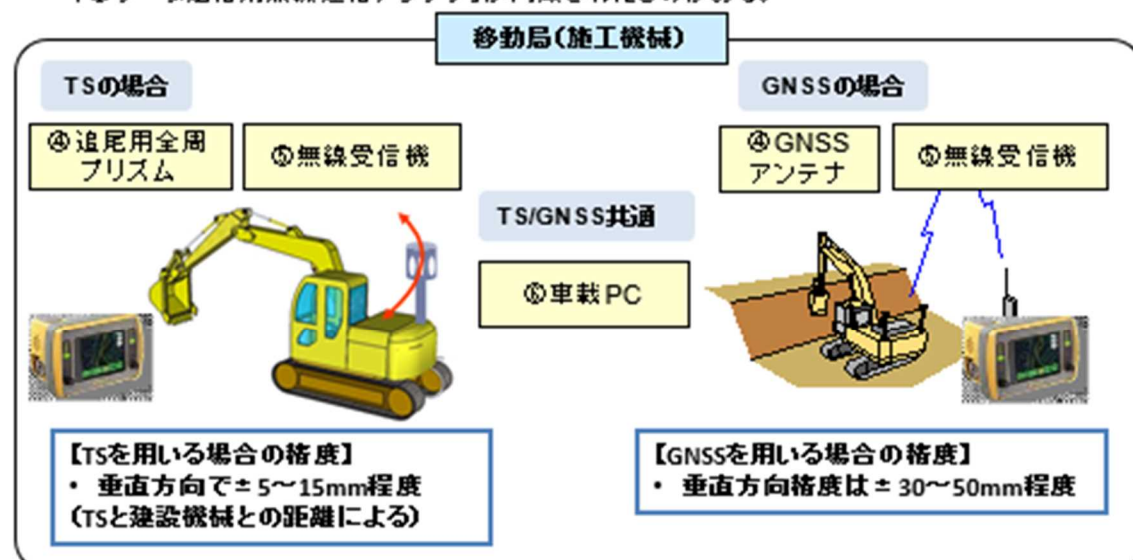
- ▶ MC/MG技術を用いた施工に必要な機器・ソフトウェアは、「基準局」・「移動局」に大きく分類され、システム販売・レンタル業者では機器・ソフトウェアを一つのシステム単位で製品としています。(以下、機器・ソフトウェアを総称して「MC/MGシステム」という。)
- ▶ MC/MGシステムは、測位技術にTSを用いるシステムとGNSSを用いるシステムとがあり、それぞれ機器構成が異なります。

## 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)

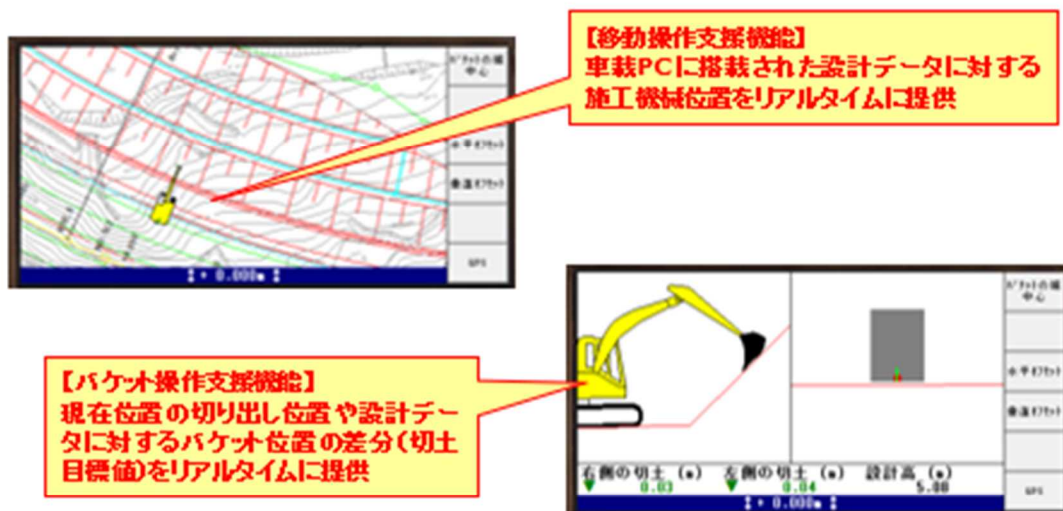
### 解説③： MC/MGシステムの選定・調達【施工者】

～ 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



#### 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、TSI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<br>標高位置 | バケット<br>角度 | バックホウ<br>姿勢 |   |                  |        |
| Case 1 | 0m           | 0度         | 0度          | 8点以上<br>(バケット距離: 2条件、<br>本体向き: 2条件とすると<br>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<br>(ピッチ) |        |
| Case 5 | 0m           | 0度         | 5.0度        |   |                  |        |
| Case 6 | 0m           | 0度         | 7.5度        |   |                  |        |
| Case 7 | 1m           | 0度         | 0度          |   |                  | バケット高さ |
| 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。

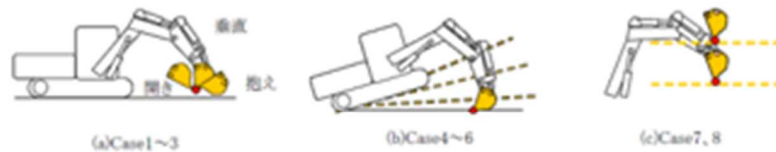


図3-2 バケット位置精度の標準的な確認方法

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<br>ケース | パラメータ(目標値)   |            |             |            |               | 内容          |     |    |              |     |    | 較差<br>(②-①) |    | 標高較差<br>確認結果<br>(±50mm以内) |
|-----------|--------------|------------|-------------|------------|---------------|-------------|-----|----|--------------|-----|----|-------------|----|---------------------------|
|           | バケット<br>標高位置 | バケット<br>角度 | バックホウ<br>姿勢 | バケット<br>距離 | 本体向き<br>(方位角) | ①マシンガイダンス技術 |     |    | ②精度補正機能(TSI) |     |    | 平面位置        | 標高 |                           |
|           |              |            |             |            |               | 北東経         | 東経緯 | 標高 | 北東経          | 東経緯 | 標高 |             |    |                           |
| Case1     | 0            | 0          | 0           | 0          |               |             |     |    |              |     |    |             |    |                           |
| Case2     | 0            | -60        | 0           | 0          |               |             |     |    |              |     |    |             |    |                           |
| Case3     | 0            | 60         | 0           | 0          |               |             |     |    |              |     |    |             |    |                           |
| Case4     | 0            | 0          | 2.5         | 0          |               |             |     |    |              |     |    |             |    |                           |
| Case5     | 0            | 0          | 5.0         | 0          |               |             |     |    |              |     |    |             |    |                           |
| Case6     | 0            | 0          | 7.5         | 0          |               |             |     |    |              |     |    |             |    |                           |
| Case7     | 1            | 0          | 0           | 0          |               |             |     |    |              |     |    |             |    |                           |
| Case8     | 2            | 0          | 0           | 0          |               |             |     |    |              |     |    |             |    |                           |
| 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「○」を記入す。

### 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<br>実務内容   | 監督職員<br>の実務内容  |
|--|--|--|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">           施工計画書の作成         </div> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 施工計画書の作成(解説④)P20</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 提案事項の確認</li> <li>・ 施工管理方法の把握</li> </ul> |

## 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、施工前の協議で発注者で確認しておく良いでしょう。
- ▶ 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システムのメーカー、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(メーカーパンフレット等)を添付しておくとしやすくなります。

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しやすくなります。

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)を敷力所に設置する。
  - 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<br>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<br/>基準局の設置(GNSSを用いる場合)解説① P22<br/>基準局の設置(TSを用いる場合)解説② P23</li></ul> |

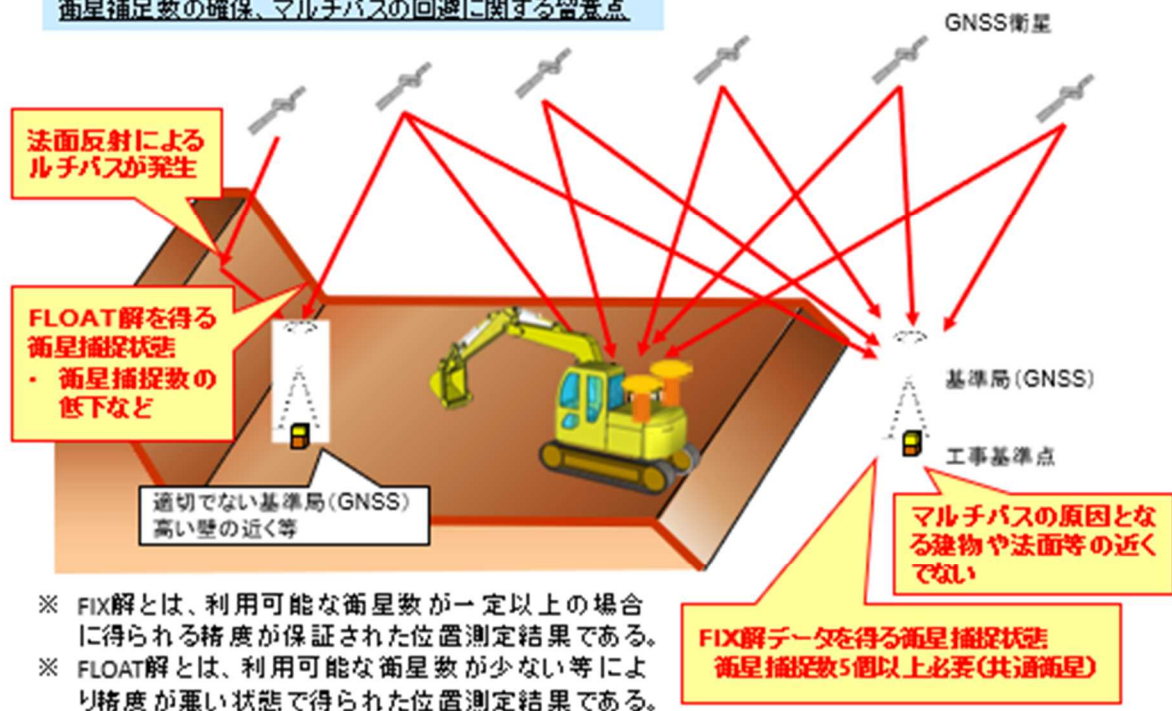
## 解説①：基準局の設置 (GNSSを用いる場合) 【施工者】

～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



#### 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

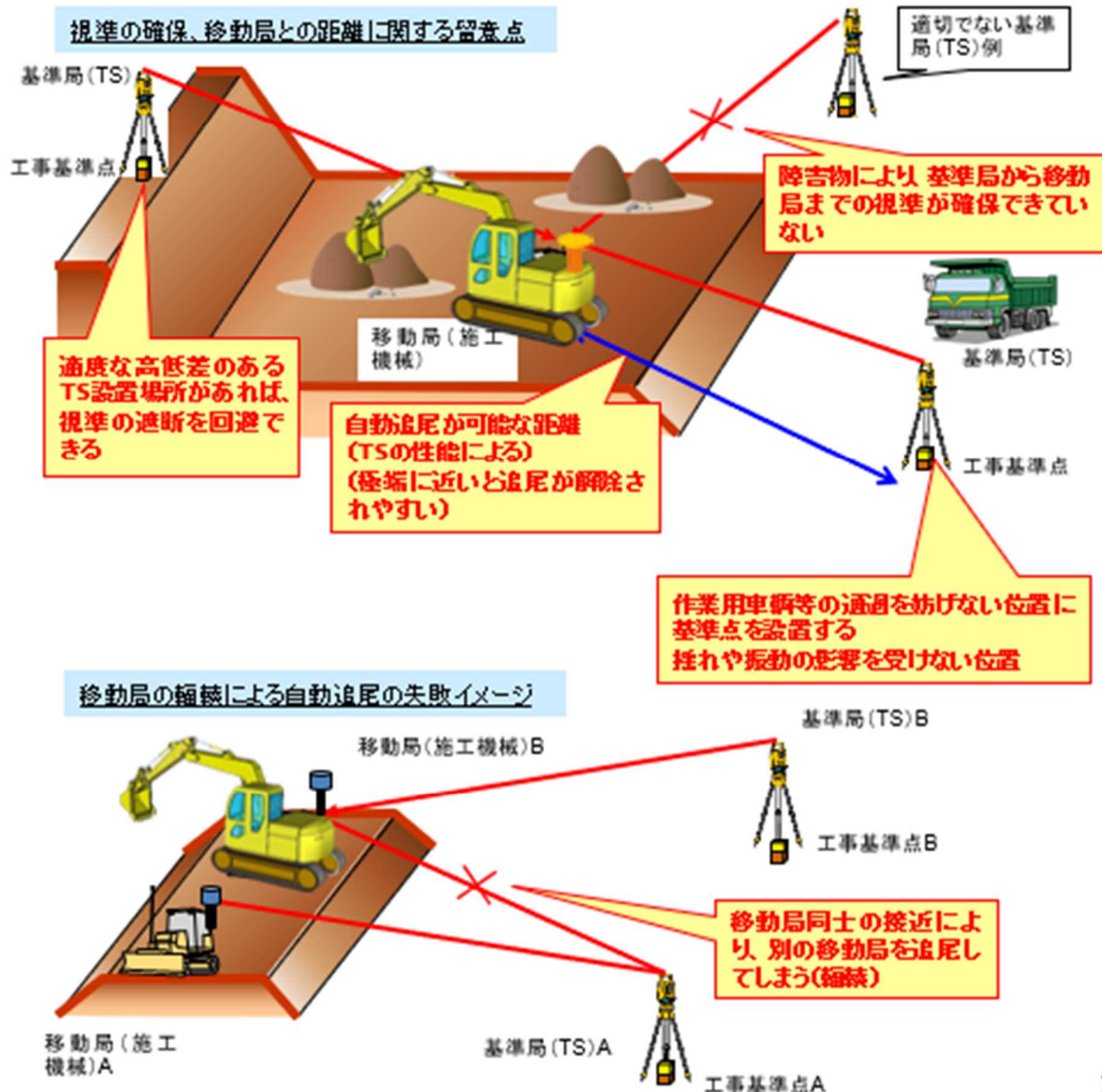
- VRS方式では、基準局は不要です。ただし、データ配信から仮想基準点情報の提供を受ける契約と携帯電話などによるデータ通信料が必要です。

## 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)



## 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<br>実務内容   |
|---|--|
| <div data-bbox="300 600 560 689" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">3次元設計データの作成</div> | <ul style="list-style-type: none"><li>• 設計図書 の照査</li><li>• <b>3次元設計データの作成(解説①) P25</b></li></ul> |

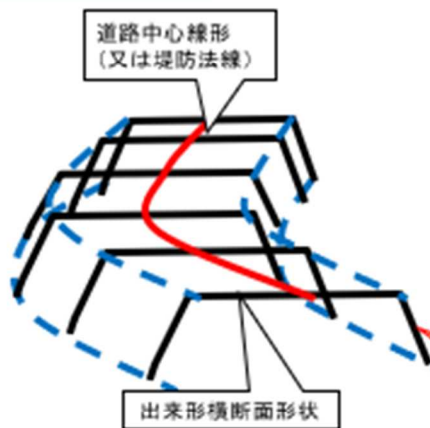
## 解説①：3次元設計データの作成【施工者】

～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



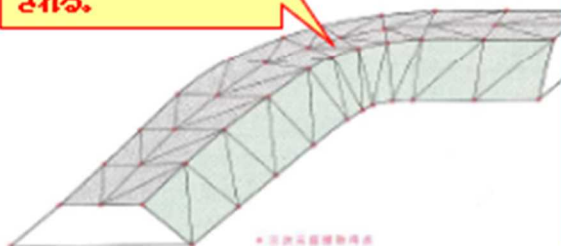
道路土工、河川土工では「路線データ」を用いたデータを変換して利用することが多い。

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)

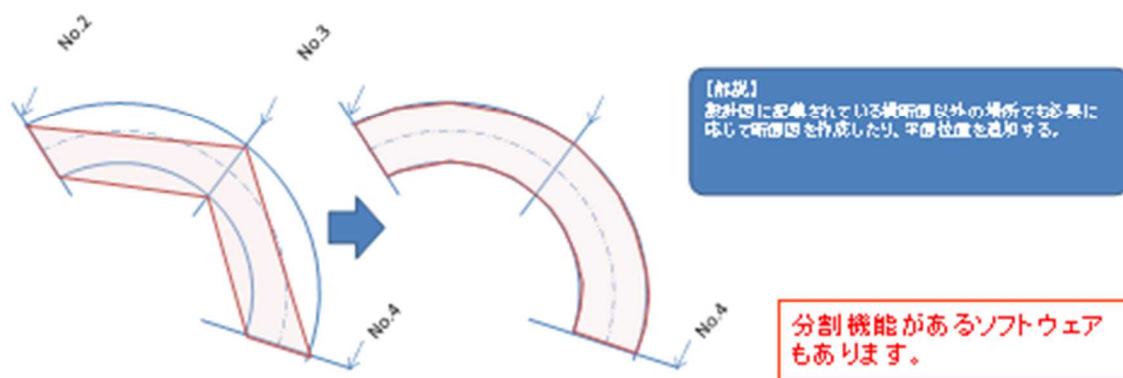
## 解説②：3次元設計データの作成【施工者】

～5.3次元設計データ作成時の実務内容～

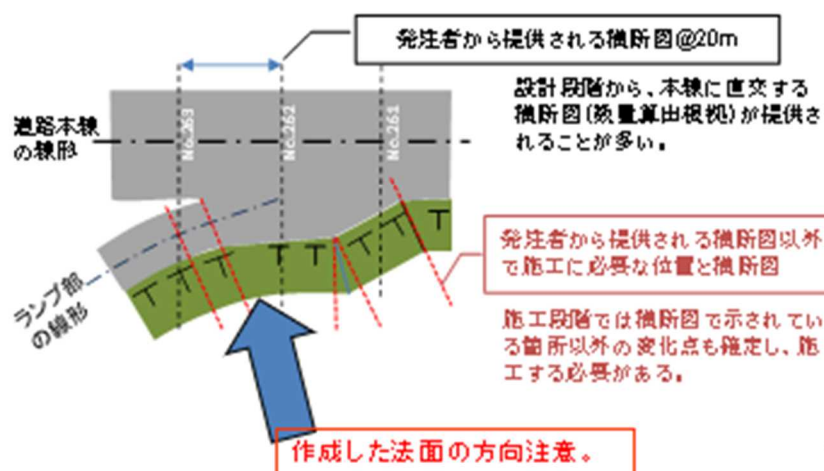
- ① MC/MGバックホウで用いる最終仕上げの3次元設計データを作成する場合は、次のような点に注意しましょう。

### 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。



横断面図だけでなく、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。



13

26

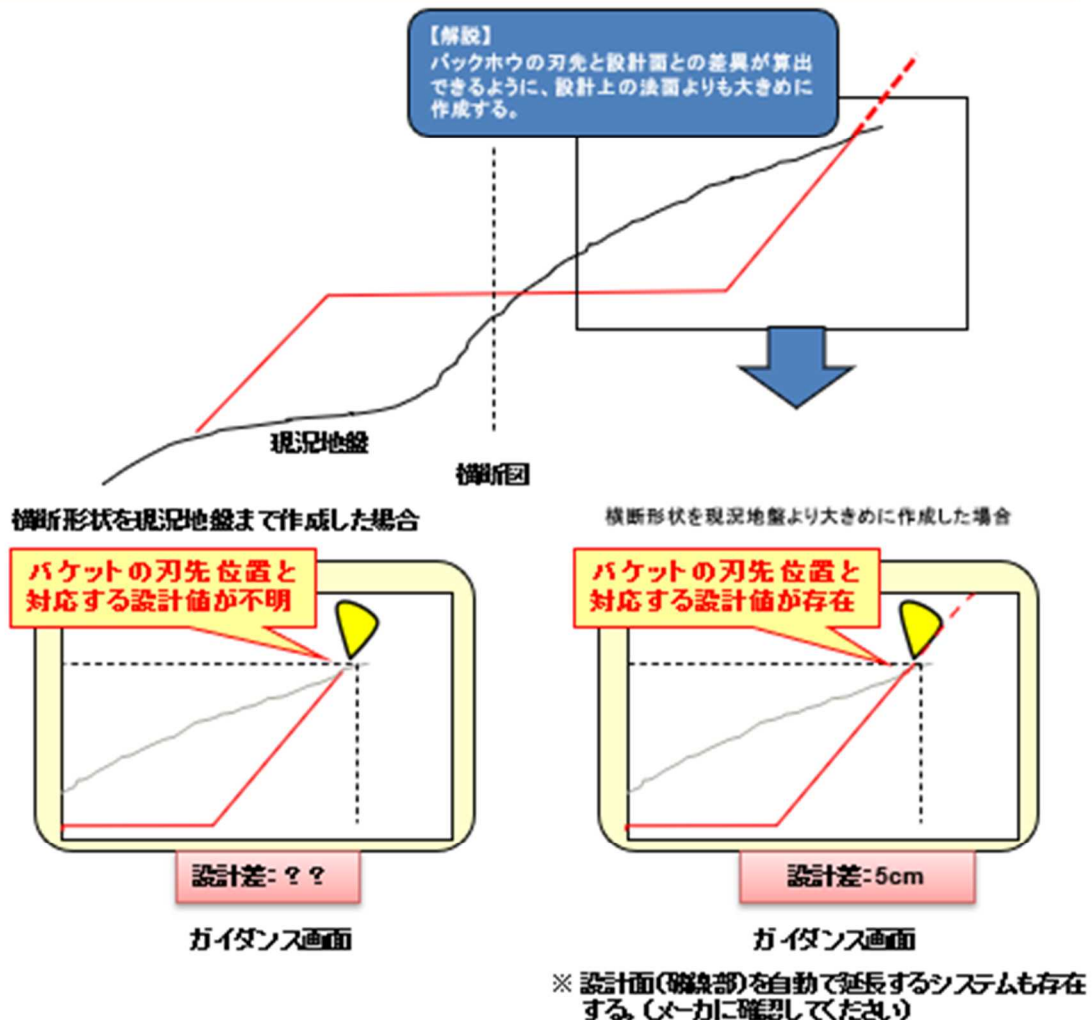
### 解説③：3次元設計データの作成【施工者】

～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ことで対応できます。



## 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   |
|--|--|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">機器取付</div> <div style="text-align: center;">↓</div>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 建設機械への機器取付(解説①) P29</li> </ul>    |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">キャリブレーション</div> <div style="text-align: center;">↓</div> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• キャリブレーション(解説②) P30</li> </ul>     |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">精度確認</div>   | <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



- バケツ・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ボ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)

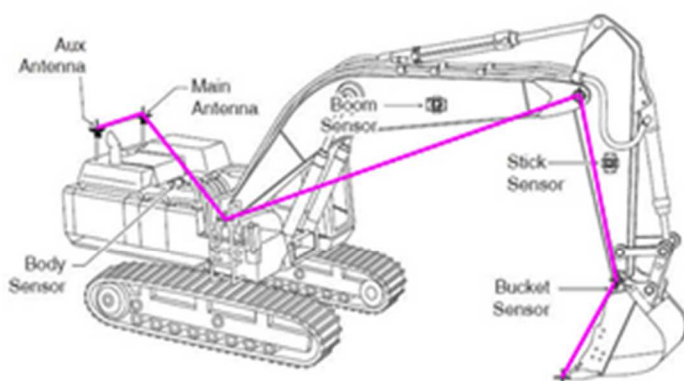
#### 【車内への機器取付け】

- 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(ボール付き)(TTS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。センサー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。

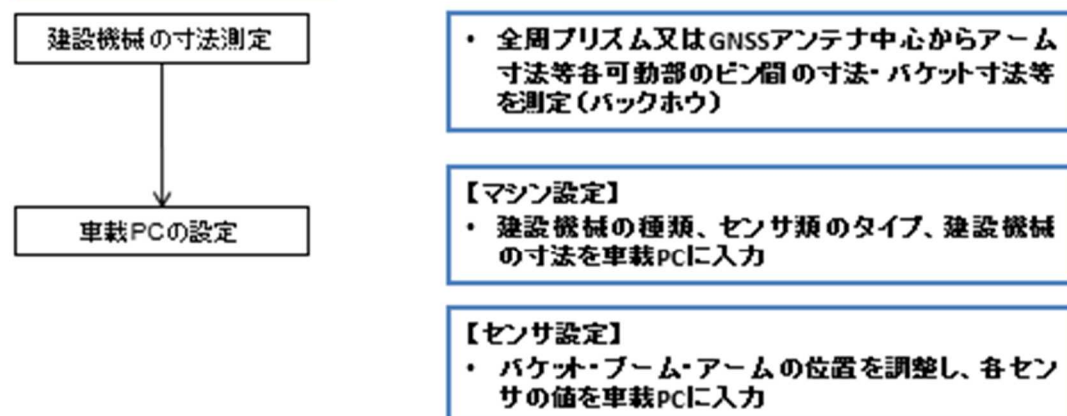
## 解説②：キャリブレーション【施工者】

～6.機器取付・システム設定時の実務内容～

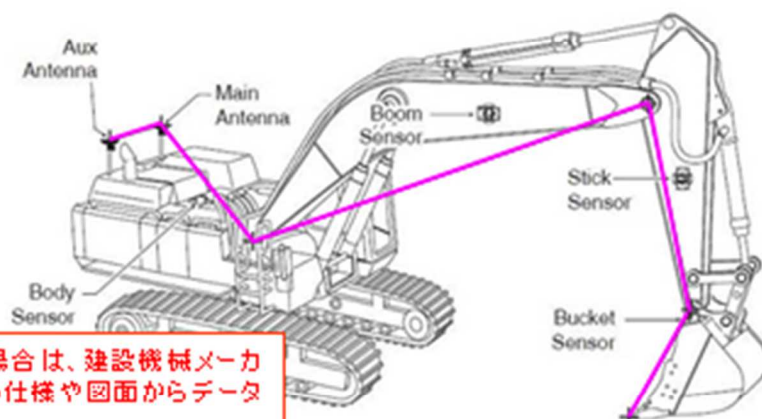
- ▶ 機器取付後、バケット・ブーム・アーム等の測定、各センサの設定を実施し、必要情報を車載PCへ入力します(利用するシステム毎に、手順が異なっているので、各機器の取り扱い説明による)。

### 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



#### 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。

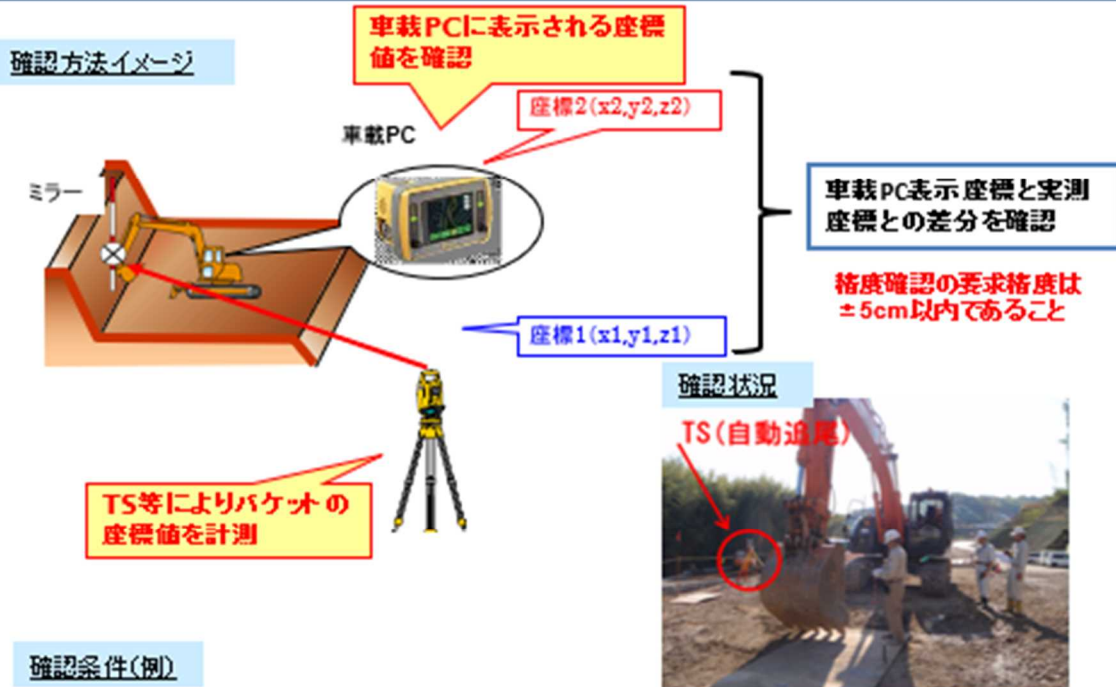
※ 機器メーカーやリース・レンタル会社では、機器購入者、リース・レンタル者を対象に有償又は無償で機器取付、キャリブレーション等を実施している。

### 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))



#### 確認条件(例)

|       | パラメータ(目標値)   |            |             | 試験数   | 備考           |
|-------|--------------|------------|-------------|---|--------------|
|       | バケット<br>標高位置 | バケット<br>角度 | バックホウ<br>姿勢 |   |              |
| Case1 | 0m           | 0度         | 0度          | 8点以上<br>(バケット距離:2条件、<br>本体向き:2条件とすると<br>全36データ) | バケット角度       |
| Case2 | 0m           | -60度       | 0度          |   |              |
| Case3 | 0m           | 60度        | 0度          |   |              |
| Case4 | 0m           | 0度         | 2.5度        |   | バックホウ姿勢(ピッチ) |
| Case5 | 0m           | 0度         | 5.0度        |   |              |
| Case6 | 0m           | 0度         | 7.5度        |   | バケット高さ       |
| 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<br>実務内容  |
|---|--|--|
| <div style="text-align: center;"> <div data-bbox="295 667 555 723" 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> <div data-bbox="295 835 555 891" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">施工</div> </div> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 施工精度の確認・対処<br/>(解説①) P33</li> <li>• 施工状況・結果の確認<br/>(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

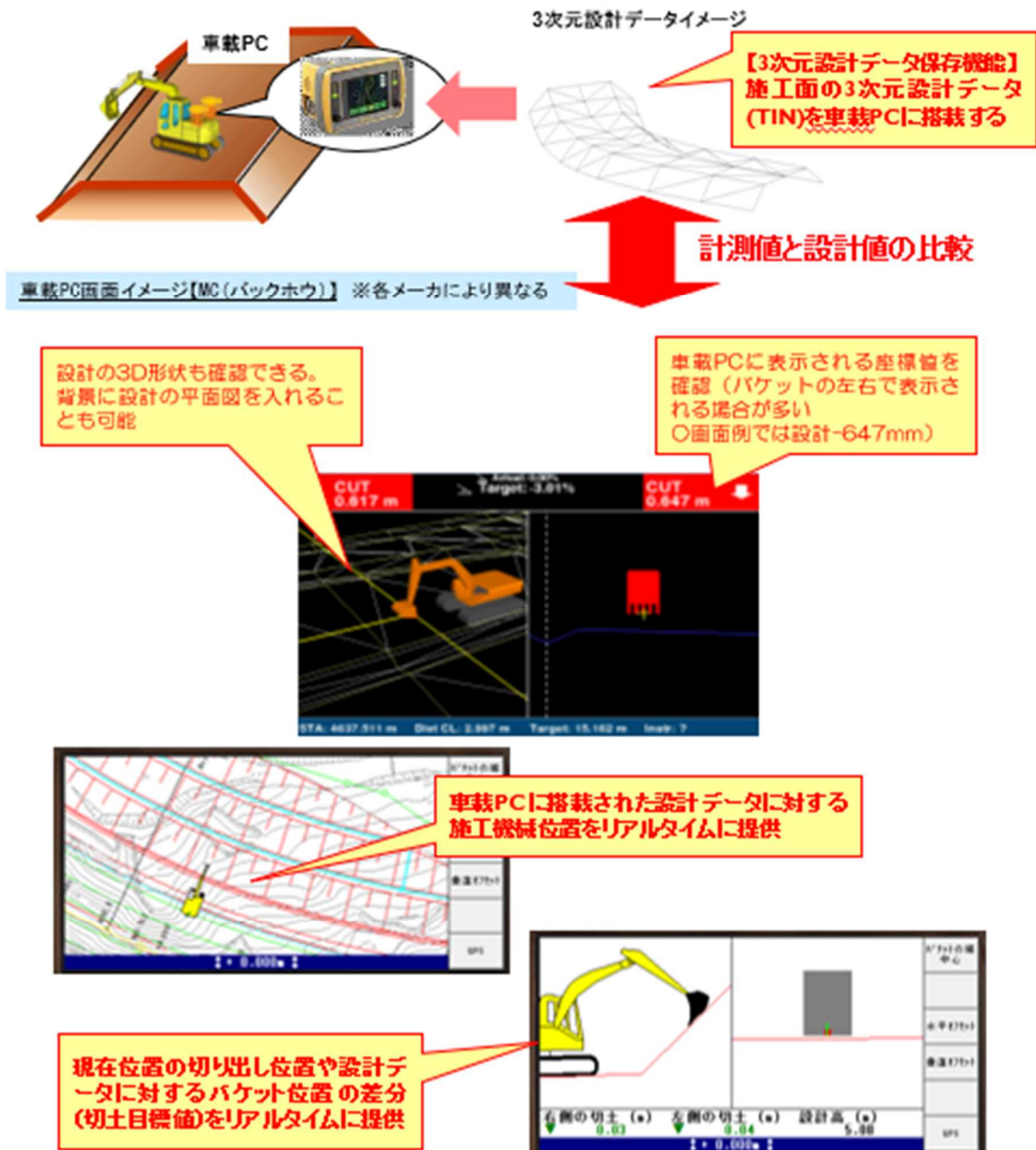
- (1) 基準点の揺れ、振動
- (2) TS、GNSSアンテナ設置位置のずれ
- (3) TS、GNSSアンテナの故障、バッテリー切れ等
- (4) 無線送信装置の故障等、バッテリー切れ等

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。)

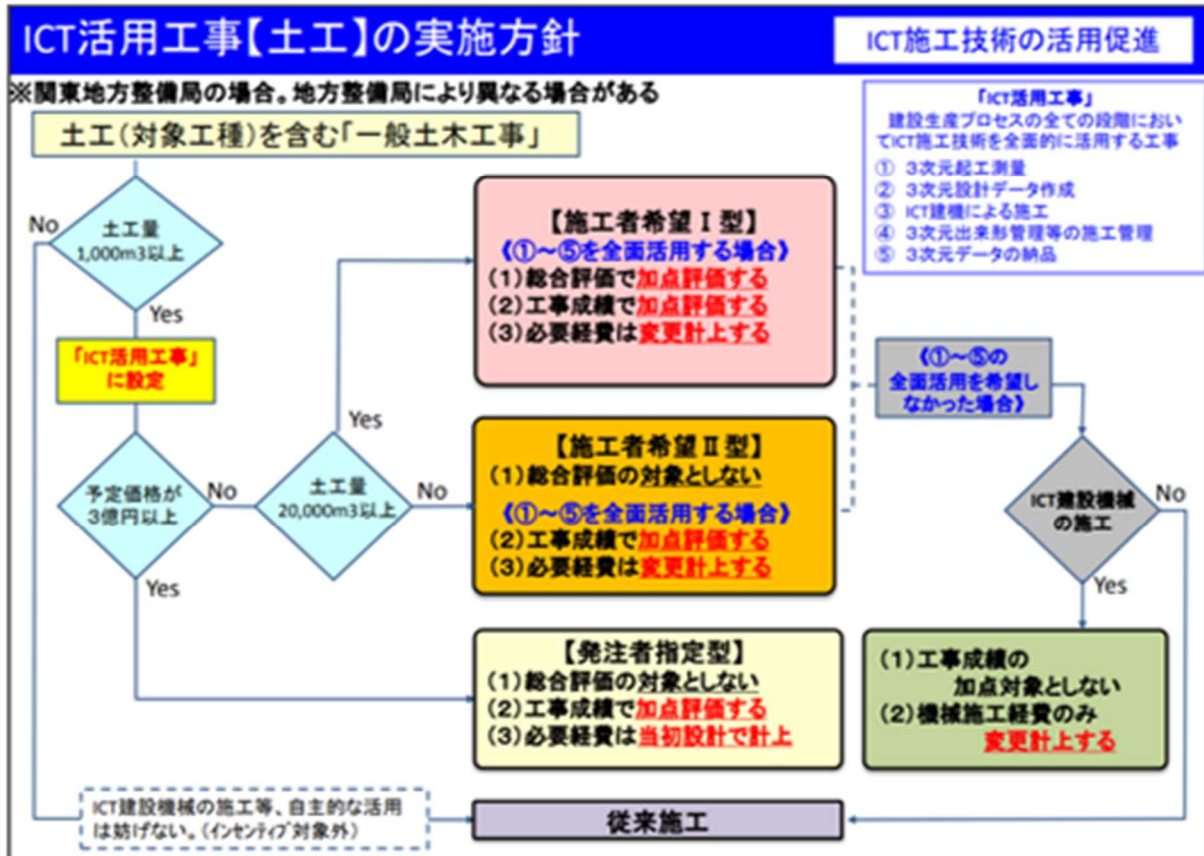
システム画面での確認例 ※各メーカーのより異なる



## 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<br>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<br>※H29予算:14.1億円<br>※H30予算:12.7億円<br>※H30.1.26時点執行率は75%<br>※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<br>〔事務局<br>公募中〕<br>(1/19~<br>2/15) | 経済産業省 | ソフトウェアのみ<br>※H28補正:100億円<br>ICT土工のソフト導入にあたっての活用実績<br>→208件(1次公募分)<br>※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<br>〔事務局<br>公募中〕<br>(1/5~<br>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)<br>※H28補正:763億円<br>※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            |                              | 市町村                                   |       | ※H29末時点<br>経営力向上計画を認定件数<br>→1000件以上 |
|      | 中小企業経営強化税制            | 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            | 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:<br><b>7億2千万円</b><br>(中小企業事業)<br><b>7千2百万円</b><br>(国民生活事業)<br>※貸付期間:20年以内<br>※貸付対象:<br><b>環境対策型建設機械の購入</b><br><b>情報化施工機器の購入・貸借</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><br>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、貸借 | 日本政策金融公庫 | 中小企業庁 | <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、縦断面図及び横断面図から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面図に示されており、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、横断面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。<br>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。<br>コンピュータ言語の一種。   |

## 2.2 マシンコントロール技術（モータグレーダ編）の手引き【施工者用】

# マシンコントロール技術 (モータグレーダ編)の手引き 【施工者用】

平成30年2月

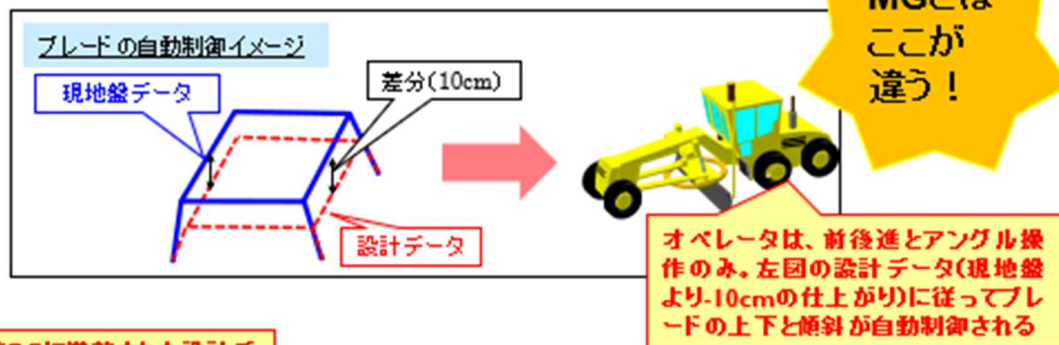
## 基礎編

1. マシンコントロール技術(モータグレーダ)の概要
2. マシンコントロール技術(モータグレーダ)の機器構成
3. MC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. マシンコントロール技術(モータグレーダ)導入のメリット
6. マシンコントロール技術(モータグレーダ)導入の主要5パート



## 1. マシンコントロール技術 (モータグレーダ) の概要

- ▶ マシンコントロール(以下、「MC」という。)技術とは、自動追尾式のTS(トータルステーション)やGNSS(汎全地測位航法衛星システム)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、ブレードの高さ・勾配を自動制御するシステムです。
- ▶ オペレータ画面には設計との差が表示されており、施工状況を確認しながら施工します。**ブレードの上下は自動化されておりオペレータの作業は左右への排土と前後進のみです。**自動制御は手元スイッチでON/OFFが可能です。



MC技術を用いた施工イメージ

## 2. マシンコントロール技術(モータグレーダ)の機器構成例

- ▶ 建設機械への搭載(例)
- ▶ MCグレーダ

|       | 自動追尾TS方式  | RTK-GNSS + 高さ補完的方式   |
|-------|---|--|
| 構成例   |   |  |
| メリット  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自動追尾式TSを用いることで、3次元座標を計測可能で、機器構成がシンプル。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ RTK-GNSSで平面位置を計測し、高さをレーザーなどの補完装置で計測する。</li> <li>・ RTK-GNSSを利用することで、他の建設機械のMCやMGとの併用などを行うことが可能であり、複数台のMC/MGを利用する際などは便利。</li> </ul> |
| デメリット | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ TSとの視通ができない場合は、自動追尾TSの設置位置を変える必要がある。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ RTK-GNSSの基準点以外に、レーザー計測機器の設置も必要。</li> </ul>  |

### 3. MC技術で利用される測位技術

#### ▶ 位置計測技術(例)

##### 【自動追尾式TS】

建設機械側に取り付けられた全周プリズムを自動追尾式TSが追尾し、連続的に全周プリズムの位置を計測します。計測結果は無線で建設機械に転送されます。この方式では、自動追尾式TSに建設機械が1台のセットとして稼働します。



##### 【RTK-GNSS】

建設機械に取り付けられたアンテナ位置の座標をRTK-GNSSを用いて計測します。RTK-GNSSの基準局から補正データを無線装置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。

自動追尾TS方式に比べてやや高さ方向の計測精度が劣ります。



##### 【ネットワーク型RTK-GNSS】

RTK-GNSSの基準局から送信される補正データを、携帯電話やインターネット通信を介して提供する方式。国土地理院が整備している電子基準点を用い、建設機械の近辺に仮定の基準局を設定し、仮定の基準点で得られる受信データの補正データを提供します。建設機械側のシステムはRTK-GNSSと同じで良い。基準点の代わりに、仮定基準点データを受信する受信機、データを作成・配信するベンダーとの契約と通信料が必要となります。

精度は、RTK-GNSSと同程度であり、自動追尾TS方式に比べてやや高さ方向の計測精度が劣ります。

##### 【RTK-GNSS+レーザー装置による高さの補完】

RTK-GNSSの高さ方向の精度を自動追尾式TS程度まで向上させるために、レーザー技術による補完を行う技術である。本技術の利用により、複数の建設機械を同時にかつ高精度にマシンコントロールすることが可能となります。



#### 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。
- 施工に必要な精度に応じて適切な測位技術を選択すること。

## 4. 準拠する要領、基準等、適用工種

## ▶ 準拠する要領・基準等

- ▶ MC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技術を用いた施工では、従来の施工のとおり、「河川土エマニュアル((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。

## ▶ 適用工種

## □ ICT活用工事(舗装)での適用工種

《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 |    | 監督・検査<br>施工管理 | 備考              |
|-------------------------------|--|----------------------|------------------|----|----|---------------|-----------------|
|                               |  |                      |                  | 新設 | 修繕 |               |                 |
| 3次元起工測量/<br>3次元出来形管理等<br>施工管理 | レーザースキャナーによる起工測量/出来形管理技術                         | 測量<br>出来形計測<br>出来形管理 | -                | ○  | ○  | ①、②、③         |                 |
|                               | トータルステーションによる起工測量/出来形管理技術(舗装工事)                  | 測量<br>出来形計測<br>出来形管理 | -                | ○  | △  | ④、⑤           | 表層には原則適用しない。    |
|                               | トータルステーション(ノンプリズム方式)による起工測量/出来形管理技術(舗装工事)        | 測量<br>出来形計測<br>出来形管理 | -                | ○  | △  | ①、②           | レーザースキャナーの要領を準用 |
| ICT建設機械<br>による施工              | 3次元マシンコントロール(モータグレーダ)技術<br>3次元マシンコントロール(ブルドーザ)技術 | まさだし<br>敷均し<br>整形    | モータグレーダ<br>ブルドーザ | ○  | -  |               |                 |

【凡例】○:適用可能、△:一部適用可能、-:適用外

《表-2 ICT活用工事の対象工種種別》

| 工事区分                     | 工種    | 種別                                  |
|--------------------------|-------|-------------------------------------|
| ・舗装<br>・水門               | 舗装工   | ・アスファルト舗装工<br>・半たわみ性舗装工             |
| ・築堤・護岸<br>・堤防護岸<br>・砂防堰堤 | 付帯道路工 | ・排水性舗装工<br>・透水性舗装工<br>・グースアスファルト舗装工 |

## □ ICT活用工事(舗装)以外での適用工種

MCグレーダは、空港舗装、駐車場整備、グランド整備などにも有効活用できる。

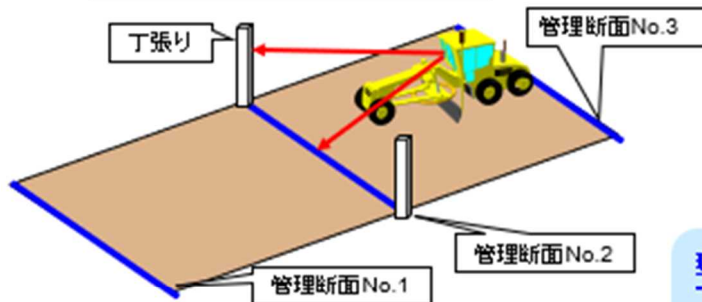
## 5. マシンコントロール技術 (モータグレーダ) 導入のメリット 1/2

- ▶ 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】

#### 従来の施工イメージ

オペレータは、丁張り及び施工状況を目視確認しながら建設機械を操作



#### 検測状況

設計高さからのオフセットを適宜確認



#### 現状

- 検測に労力・時間を要する。
- 施工時間がオペレータの技能に左右される。
- 検測者は重機付近の作業で危険

### 【MC技術】

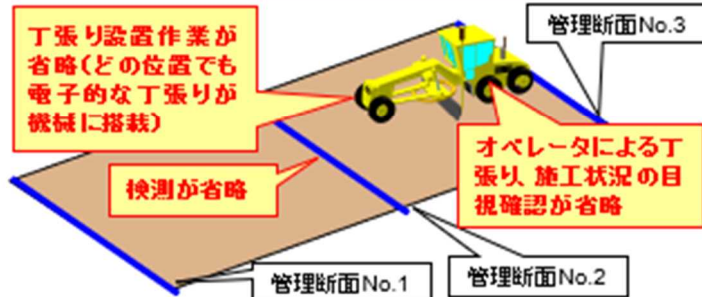
#### MC技術を用いた施工イメージ

オペレータの操作は、切盛調整、前後進のみ  
※ ブレードは設計データに応じて自動制御

丁張り設置作業が省略(どの位置でも電子的な丁張りが機械に搭載)

検測が省略

オペレータによる丁張り 施工状況の目視確認が省略

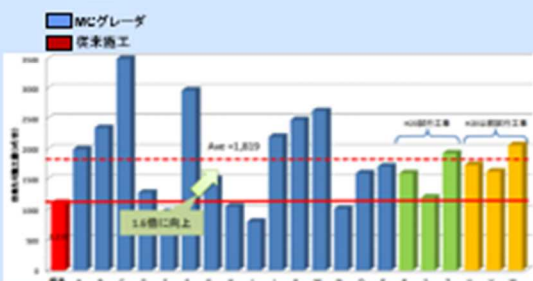


#### メリット

- 丁張り設置、検測作業の省略により施工が効率化する。
- オペレータによる丁張り 施工状況の目視確認の省略により、施工時間がオペレータの技能に左右されず、施工が効率化する。
- 重機付近の作業員を削減でき、安全性が向上

### 参考

#### MC(グレーダ)技術と従来施工との施工量の比較



#### 【日当たり施工量の増加量】

- 標準: 1,110m<sup>2</sup>
- 平均: 1,819m<sup>2</sup>

効率的に利用すれば施工量が大幅に増加

出典: 情報化施工推進会議 第8回会議資料  
資料4 直轄工事における情報化施工の試験施工  
(平成21年度 調査結果)(情報化施工推進会議)

※「ICT活用工事(舗装工)実施要領(H29.3)」ではMCのグレーダは標準能力の1.2倍を見込んでいる。

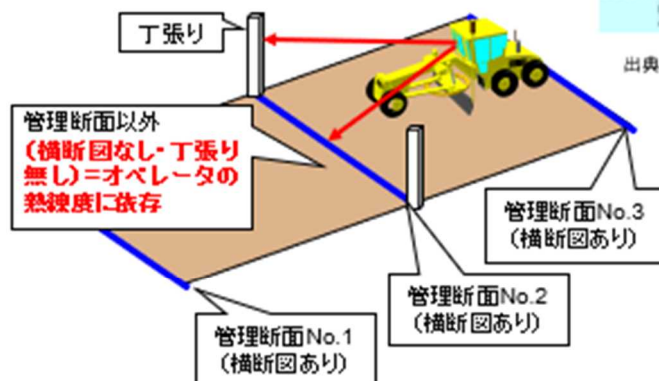
## 5. マシンコントロール技術(モータグレーダ)導入のメリット 2/2

- 面的で高精度な施工品質の容易な確保

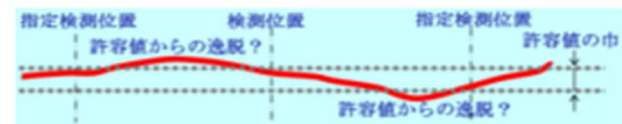
## 【従来手法】

## 従来の施工イメージ

オペレータは、管理断面の設計値(丁張り)を目標に施工を実施



## 仕上り面と許容値との関係



出典: 情報化施工の普及推進(第3回)セミナー(近畿地方整備局)

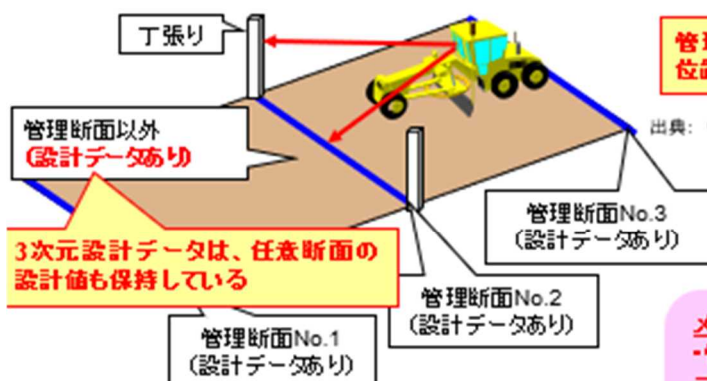
## 現状

・管理断面(検測位置)の施工品質は確保されるが、管理断面ではない部分の施工品質は不明である。(管理されていない)

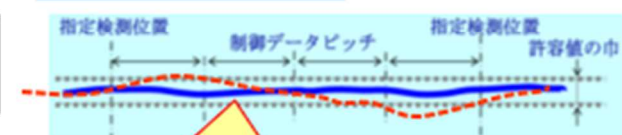
## 【MC技術】

## MC技術を用いた施工イメージ

【MC】  
車載PCに搭載された3次元設計データのとおり  
に施工を実施



## 仕上り面と許容値との関係



管理断面(検測位置)以外の部分でも検測位置と変わらない施工制度が実現する

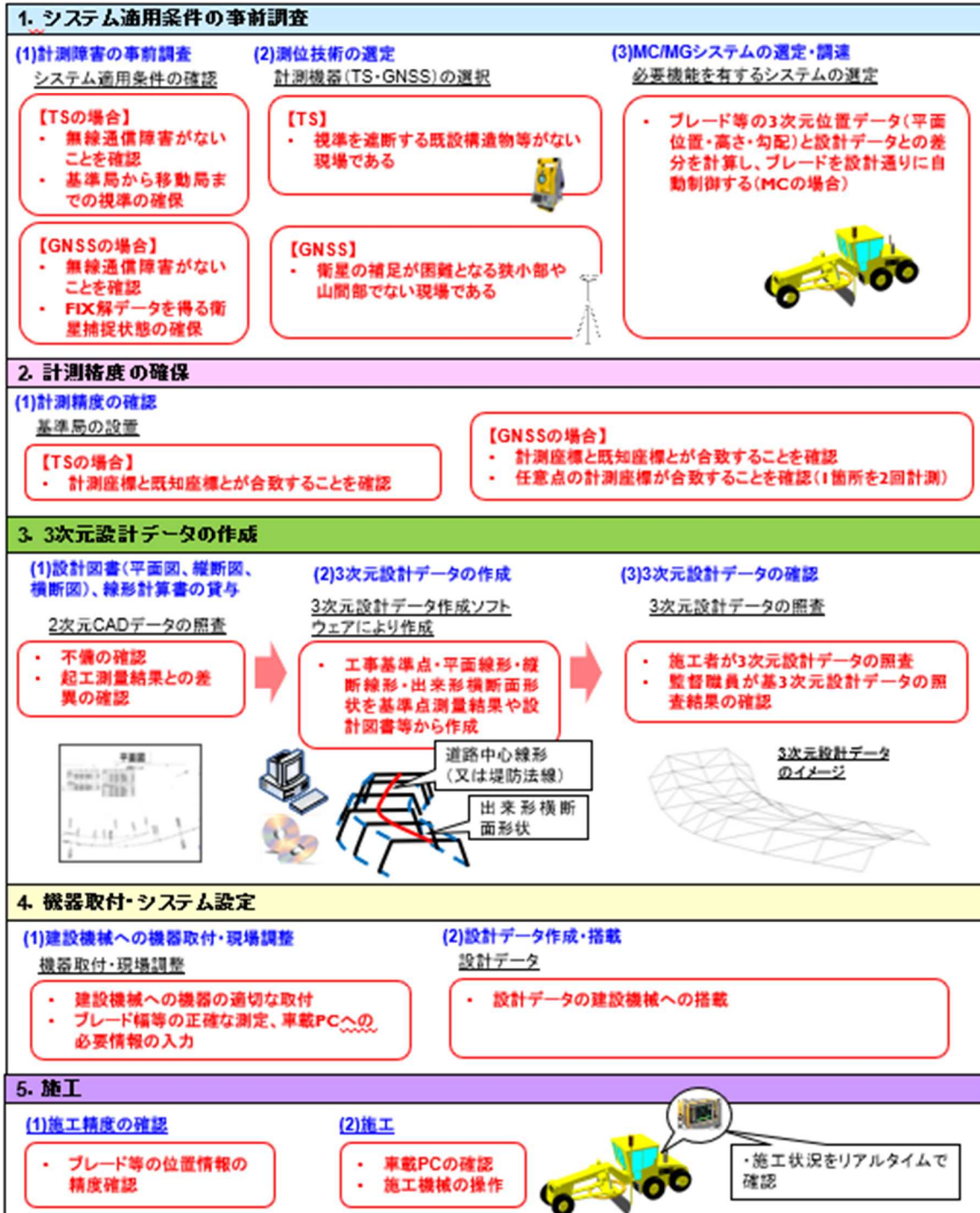
出典: 情報化施工の普及推進(第3回)セミナー(近畿地方整備局)

## メリット

・管理断面ではない部分も設計データに基づき施工されるため、施工品質が容易に確保できる。(面的な品質確保)  
・オペレータの技能に依存せず、効率的に高精度な作業を実現できる。(MCの場合)

## 6. マシンコントロール技術 (モータグレーダ) 導入の主要5パート

- ▶ MC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。

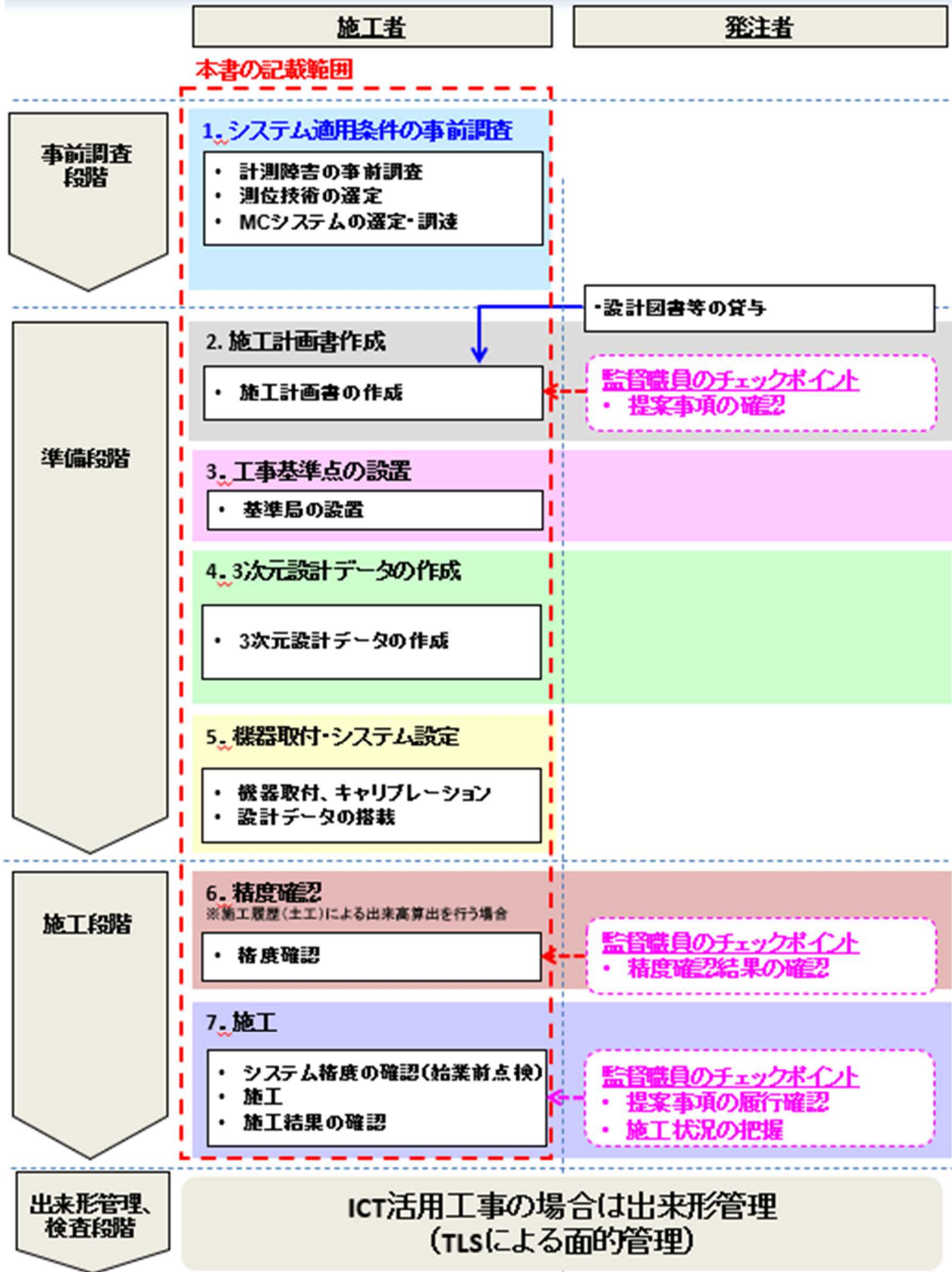


## 実務編

1. MC技術(モータグレーダ)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技術 (モータグレーダ) 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 style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">計測障害の<br/>事前調査</div>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・計測障害の事前調査(解説①) P13</li> </ul>                              |
| <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">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) P14</li> <li>・MCシステムの選定・調達(解説③)P15</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。

#### 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

#### 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

- ・ TSでは、計測機器とMC機械が1対1、RTK-GNSSでは1つの基準局に対して複数のMCを稼働させることができます。現場条件と、必要なシステムを考慮して選定が必要です。

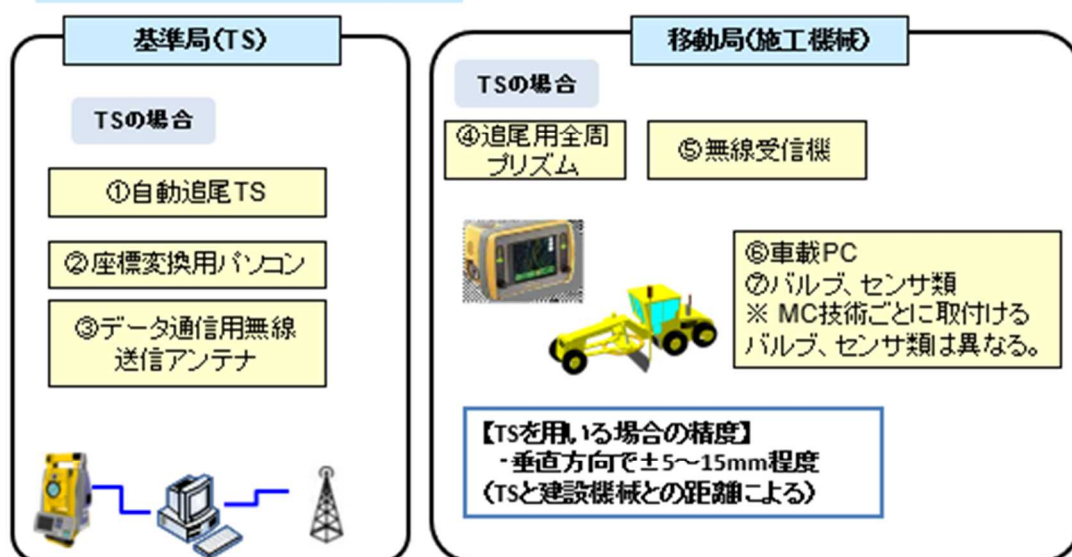
## 解説②：測位技術の選定【施工者】

～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システム」という。)
- ▶ MC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システムの機器構成

## MCシステムの機器構成(TSの例)



※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システムの機器構成(GNSSの例)



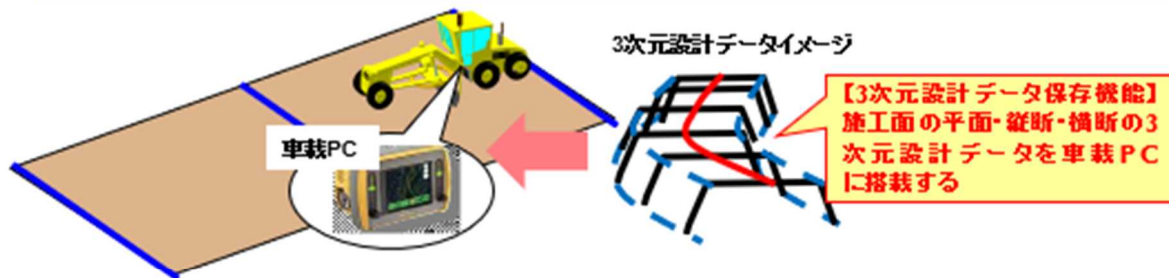
※ 高精度な施工を求められるモータグレーダ作業では、GNSS(高さ精度±30mm程度)の他に高さ精度を補完する装置を付加して用いることが多い

### 解説③： MCシステムの選定・調達【施工者】

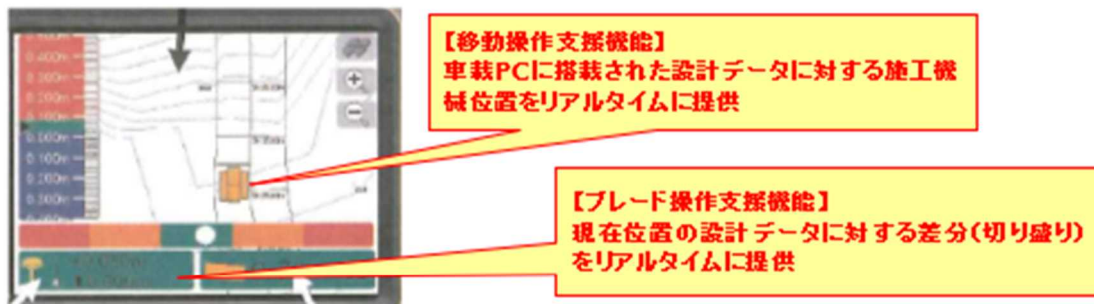
～ 2. システム適用条件の事前調査時の実務内容～

- ▶ MCシステムは、測量器械販売店やリース・レンタル店、施工関連のソフトウェアメーカー等より、購入またはリース・レンタルにより調達します。
- ▶ MC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(モータグレーダ)】 ※各メーカーにより異なる



### 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<br>実務内容              | 監督職員<br>の実務内容          |
|---|---------------------------|------------------------|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">           施工計画書の作成         </div> | ・ <b>施工計画書の作成(解説①)P17</b> | ・提案事項の確認<br>・施工管理方法の把握 |

## 解説①：MC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、施工前の協議で発注者で確認しておくとい良いでしょう。

### 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技術の利用を提案している場合は、選定したMCシステムのメーカー、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(メーカーパンフレット等)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。

- ①MC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)を敷力所に設置する。
- ③TS出来形を利用して確認する。

・施工時の目標や確認の頻度を記載する(例)

MCを導入するだけでは仕上り厚を確保しているかどうか解りません。どのように状況を確認するかが重要です。

- 例)目標値との差が0～+5cmとなるように仕上げる。  
仕上がりは、当該施工日の実施範囲のうち3カ所で実施する。

#### 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   |
|---|--|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">基準局の設置</div> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 工事基準点の設置               <ul style="list-style-type: none"> <li>基準局の設置(TSを用いる場合)(解説①) P19</li> <li>基準局の設置(GNSSを用いる場合)(解説②) P20</li> </ul> </li> </ul> |

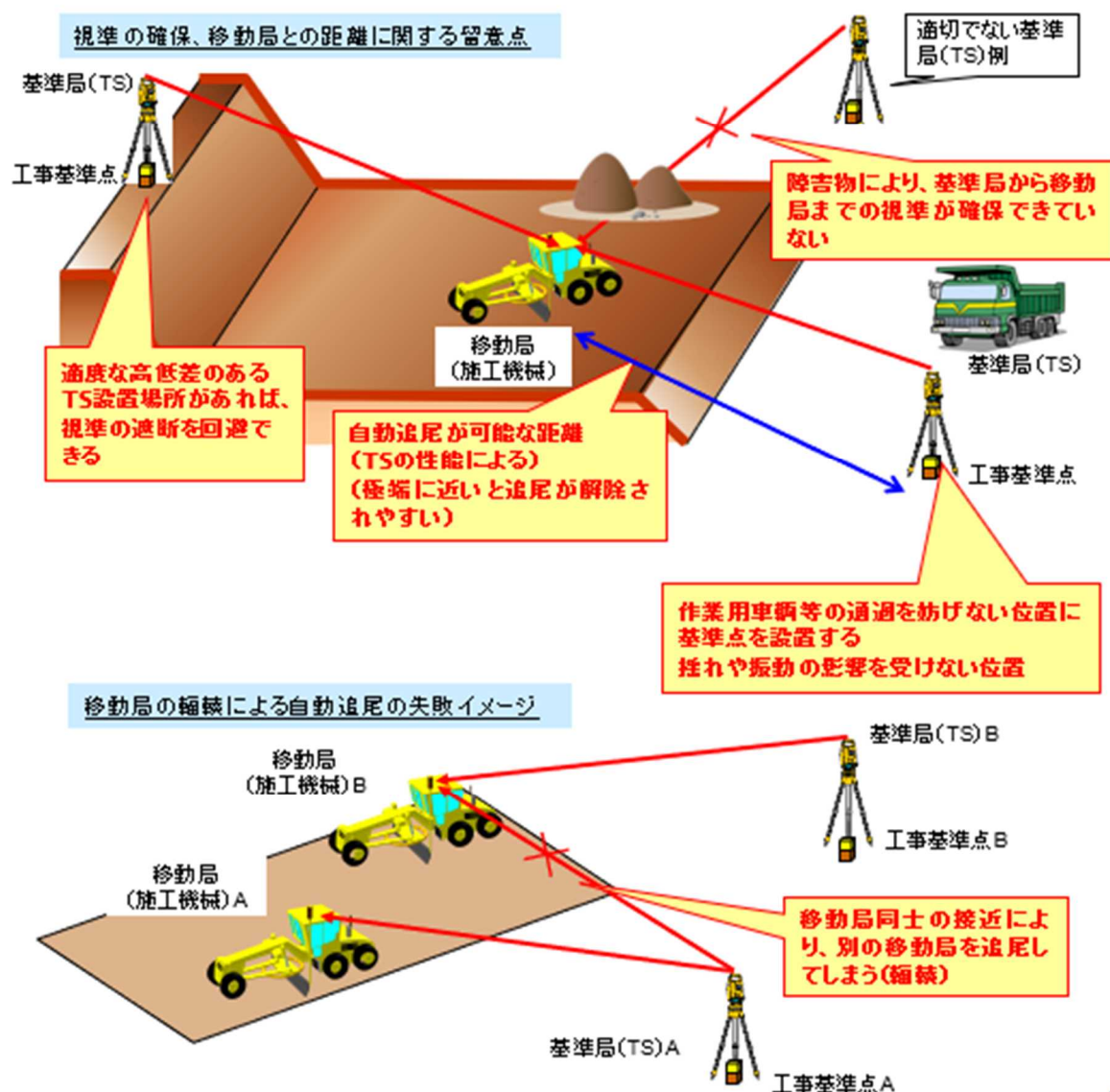


## 解説①：基準局の設置 (TSを用いる場合) 【施工者】

～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(締固め機械)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)



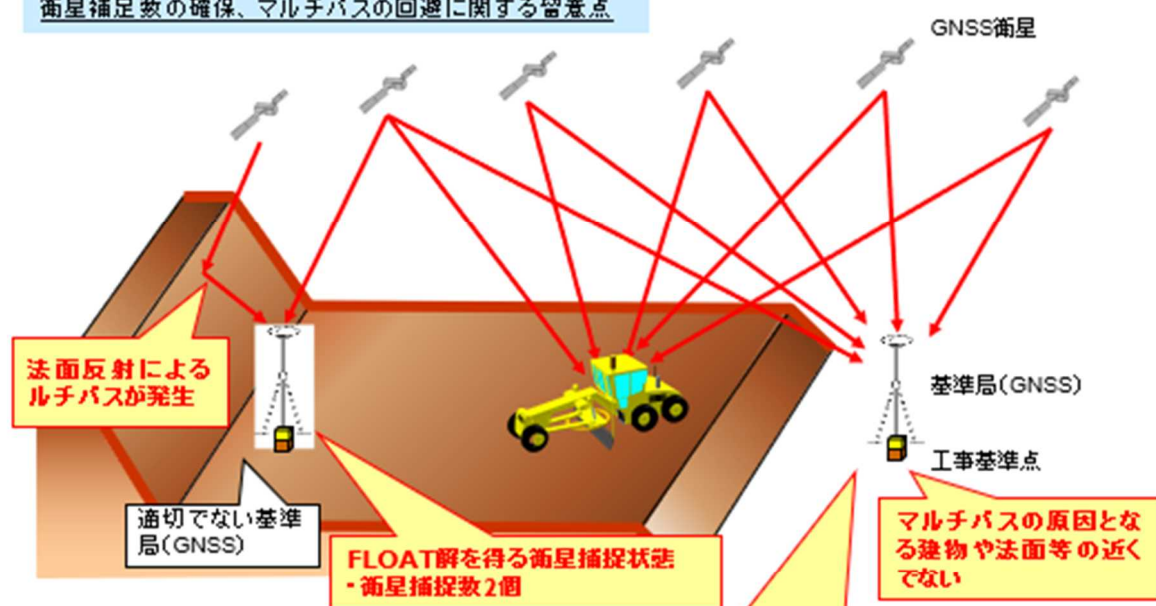
## 解説②：基準局の設置 (GNSSを用いる場合) 【施工者】

～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**

#### 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。

## 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<br>実務内容   |
|--|--|
| <div data-bbox="300 645 560 734" style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">3次元設計データの作成</div> | <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) P22</li></ul> |

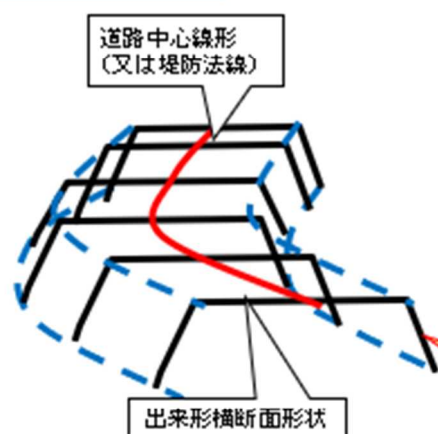
## 解説①：3次元設計データの作成【施工者】

～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



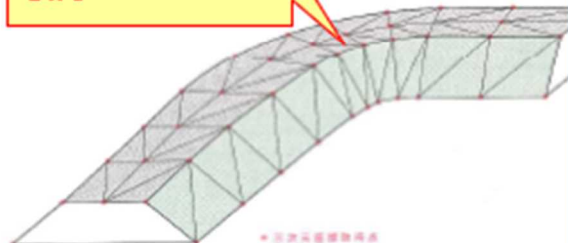
道路土工、河川土工では「路線データ」を用いたデータ作成することが多い。

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き箇所や曲線部などで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)

## 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   |
|--|--|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">機器取付</div> <div style="text-align: center;">↓</div>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>建設機械への機器取付(解説①) P24</li> </ul>    |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">キャリブレーション</div> <div style="text-align: center;">↓</div> | <ul style="list-style-type: none"> <li>キャリブレーション(解説②) P25</li> </ul>     |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">精度確認</div>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>ブレード等の位置精度の確認(解説③) P26</li> </ul> |

## 解説①：建設機械への機器取付【施工者】

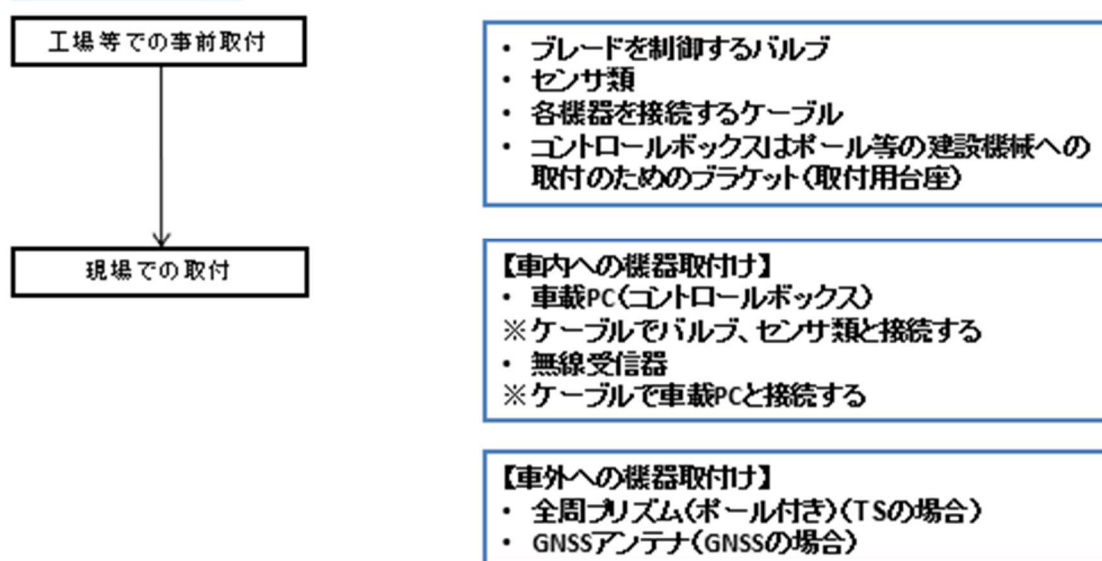
～6.機器取付・システム設定時の実務内容～

- ▶ 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、実施することない。

### 主な機器取付の内容

#### 機器取付の流れ



#### 車内への機器取付状況



#### 車外への機器取付状況



※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。

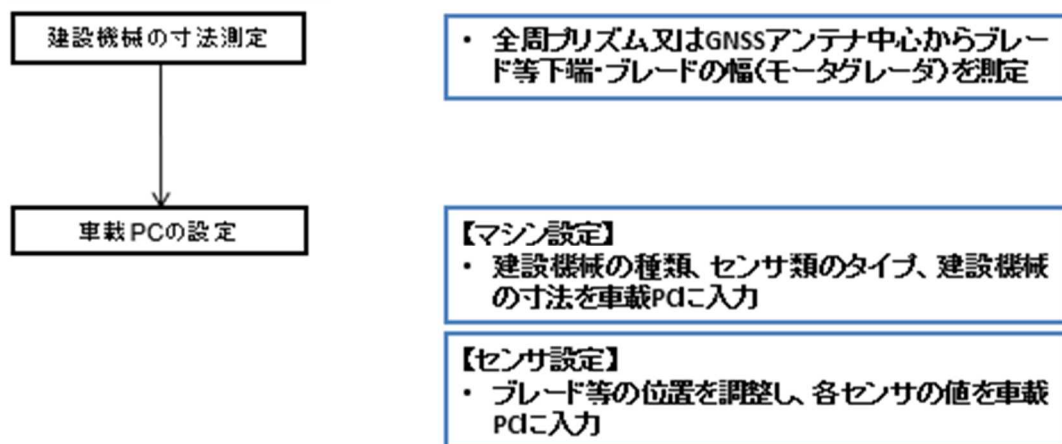
## 解説②：キャリブレーション【施工者】

～6. 機器取付・システム設定時の実務内容～

- ▶ 機器取付後、ブレード幅等の測定、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



全周プリズム中心からブレード下端の測定状況



ブレード幅の測定状況



※ 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：ブレード等の位置精度の確認【施工者】

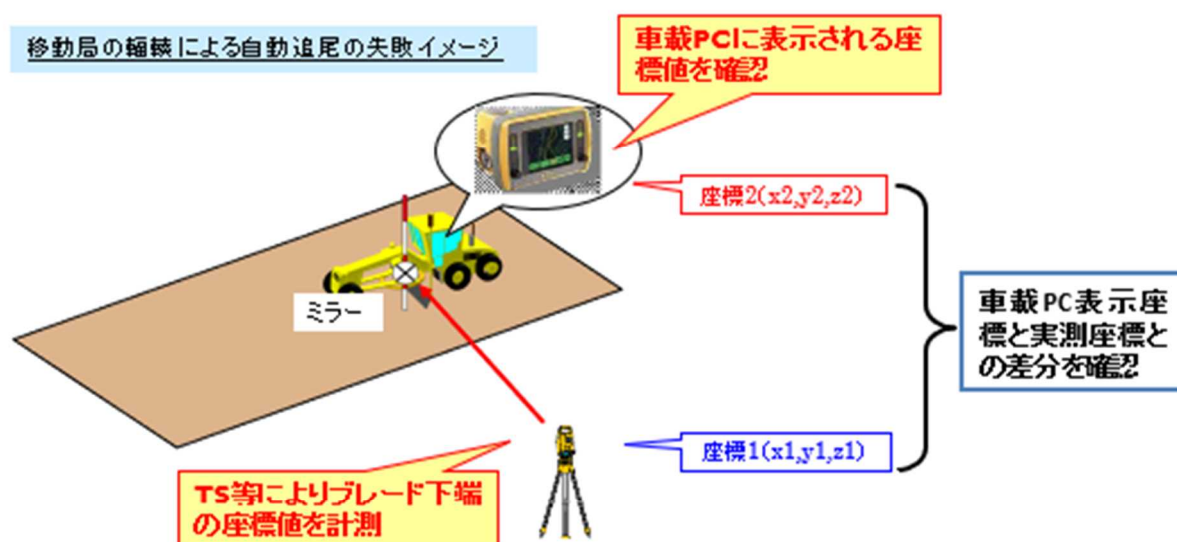
～6.機器取付・システム設定時の実務内容～

- ▶ MC技術を搭載した建設機械が適切な施工精度を有しているかを施工着手前に確認します。
- ▶ 施工精度は、ブレード等位置を設計値に合わせ、車載PCIに表示されている座標値とブレード等の位置を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(モータグレーダ))

#### 確認方法 イメージ

移動局の輻輳による自動追尾の失敗イメージ



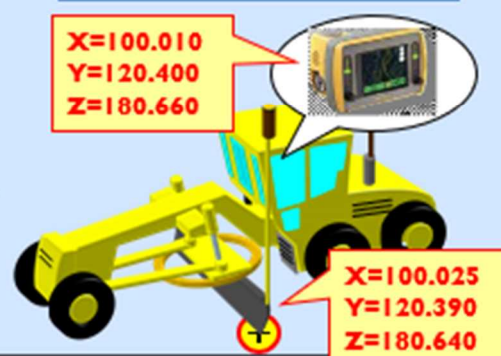
#### 参考 位置精度の確認

- ・TSの他にも、既設の丁張りや確認する方法や、確認用の基準点(コンクリート上に目印)を設置しておく方法もある。



現場内の不動点に座標を付け、バケットやブレードを当てて日常的に精度を確認する。

X=100.010  
Y=120.400  
Z=180.660





## 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> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">施工</div> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 施工精度の確認・対処<br/>(解説①) P28</li> <li>・ 施工状況・結果の確認<br/>(解説②) P29</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> |

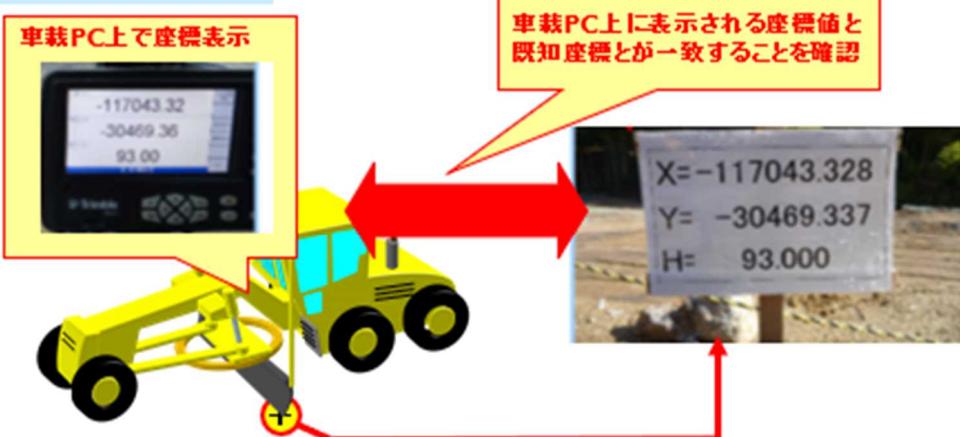
## 解説①：施工精度の確認、対処【施工者】

～7.施工時の実務内容～

- ▶ 施工期間中、は作業開始前にブレード等の位置取得精度を適宜確認します。
- ▶ ブレード等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



### ブレード等の位置取得精度の低下要因

#### 移動局(建設機械)側の要因

- (1)ブレード等の摩耗によるブレード等寸法の変化
- (2)機械ガタの増加
- (3)全周周プリズム(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

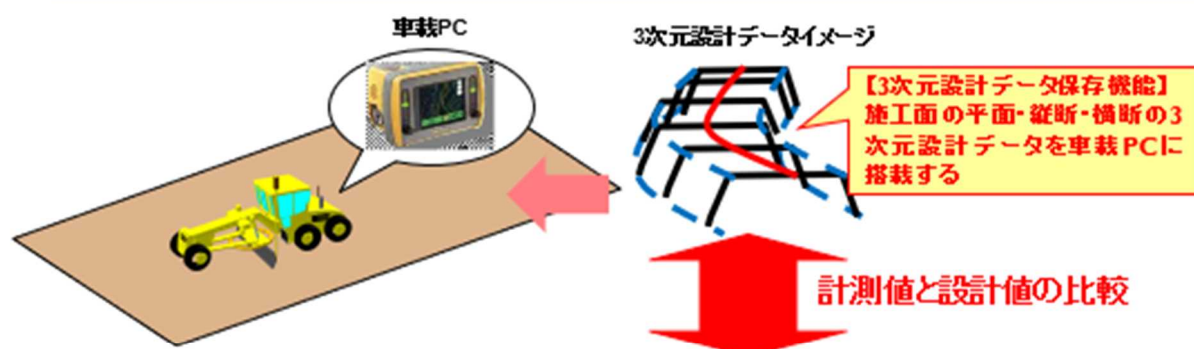
- (1)基準点の揺れ、振動
- (2)TS、GNSSアンテナ設置位置のずれ
- (3)TS、GNSSアンテナの故障、バッテリー切れ等
- (4)無線送信装置の故障等、バッテリー切れ等

## 解説②：施工状況・結果の確認【施工者】

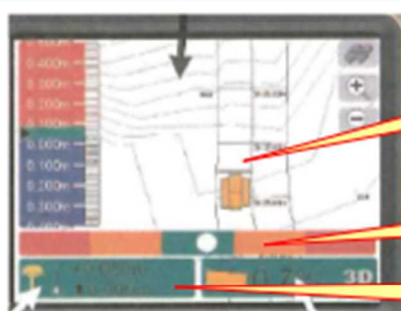
～7. 施工時の実務内容～

- ▶ 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く。

### システム画面での確認例 ※各メーカーのより異なる



### 車載PC画面イメージ【MC/MS(モータグレーダ)】 ※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

【ブレード操作支援機能】  
現在位置の設計データに対する差分(切り盛り)をリアルタイムに提供

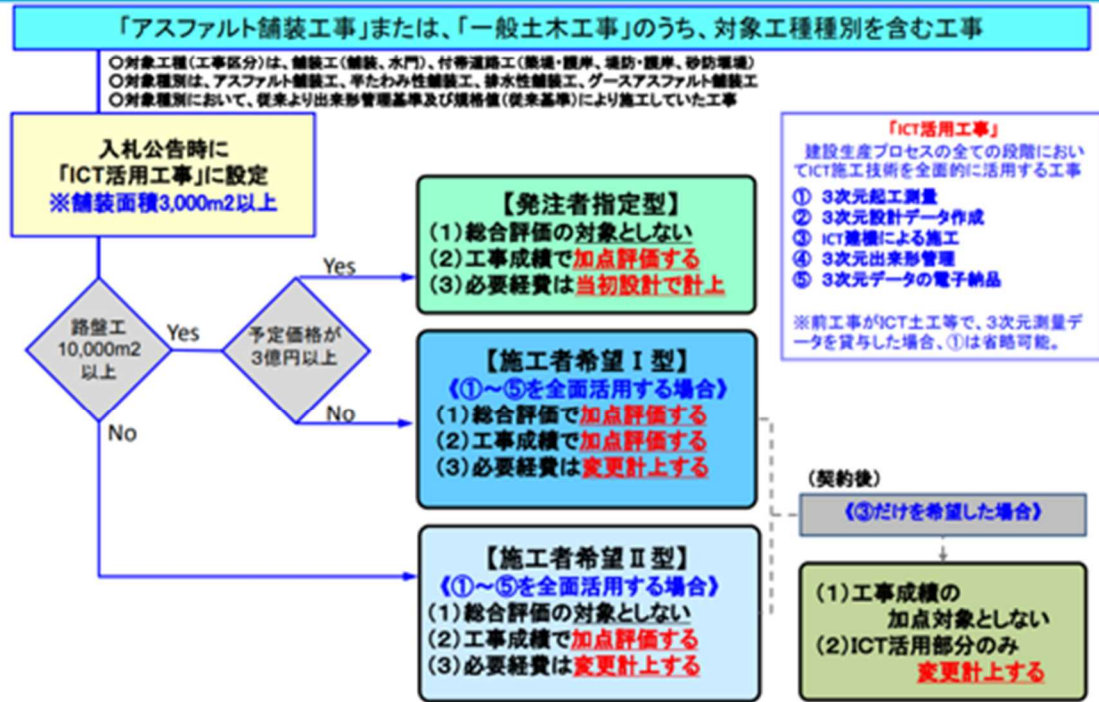
【測位システムの稼働状況確認機能】  
測位システムの状態や通信の状況をリアルタイムに提供

## 参考資料

1. ICT活用工事【舗装工】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【舗装工】の実施方針

ICT舗装工の実施方針



出展：近畿地方整備局

「ICT活用工事の拡大に向けた取り組み～ICT舗装等の公告工事～」記者発表資料より抜粋

**【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を利用できます。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    |  |
|-----|---|--------------------------------|------|--------------------------|-------|--|
| 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<br>※H29予算:14.1億円<br>※H30予算:12.7億円<br>※H30.1.26時点執行率は75%<br>※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<br>※H28補正:100億円<br>ICT土工のソフト導入にあたっての活用実績<br>→208件(1次公募分)<br>※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)<br>※H28補正:763億円<br>※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<br><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<br>経営力向上計画を認定件数<br>→1000件以上 |
|  | 中小企業経営強化税制<br><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<br><a href="http://www.chusho.meti.go.jp/zaimu/zeisei/2014/tyuusyoutokigyoutousisokusinzeisei.htm">www.chusho.meti.go.jp/zaimu/zeisei/2014/tyuusyoutokigyoutousisokusinzeisei.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:<br>7億2千万円<br>(中小企業事業)<br>7千2百万円<br>(国民生活事業)<br>※貸付期間: 20年以内<br>※貸付対象:<br>環境対策型建設機械の購入<br>情報化施工機器の購入・貸借 |
|    | <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、貸借 | 日本政策金融公庫 | 中小企業庁 |   |
|    | <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、縦断面図及び横断面図から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面図に示されており、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、路盤工の仕上がりの形状である。現行では、横断面図として示されている。   |

## 【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)、北斗(中国)など、人工衛星を利用した測位システムの総称。<br>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。   |
| XML                     | eXtensible Markup Languageの略称。<br>コンピュータ言語の一種。   |

2.3 マシンコントロール/マシンガイダンス技術（ブルドーザー編）の手引書【施工者用】

**マシンコントロール／  
マシンガイダンス技術  
(ブルドーザー編)の手引き  
【施工者用】**

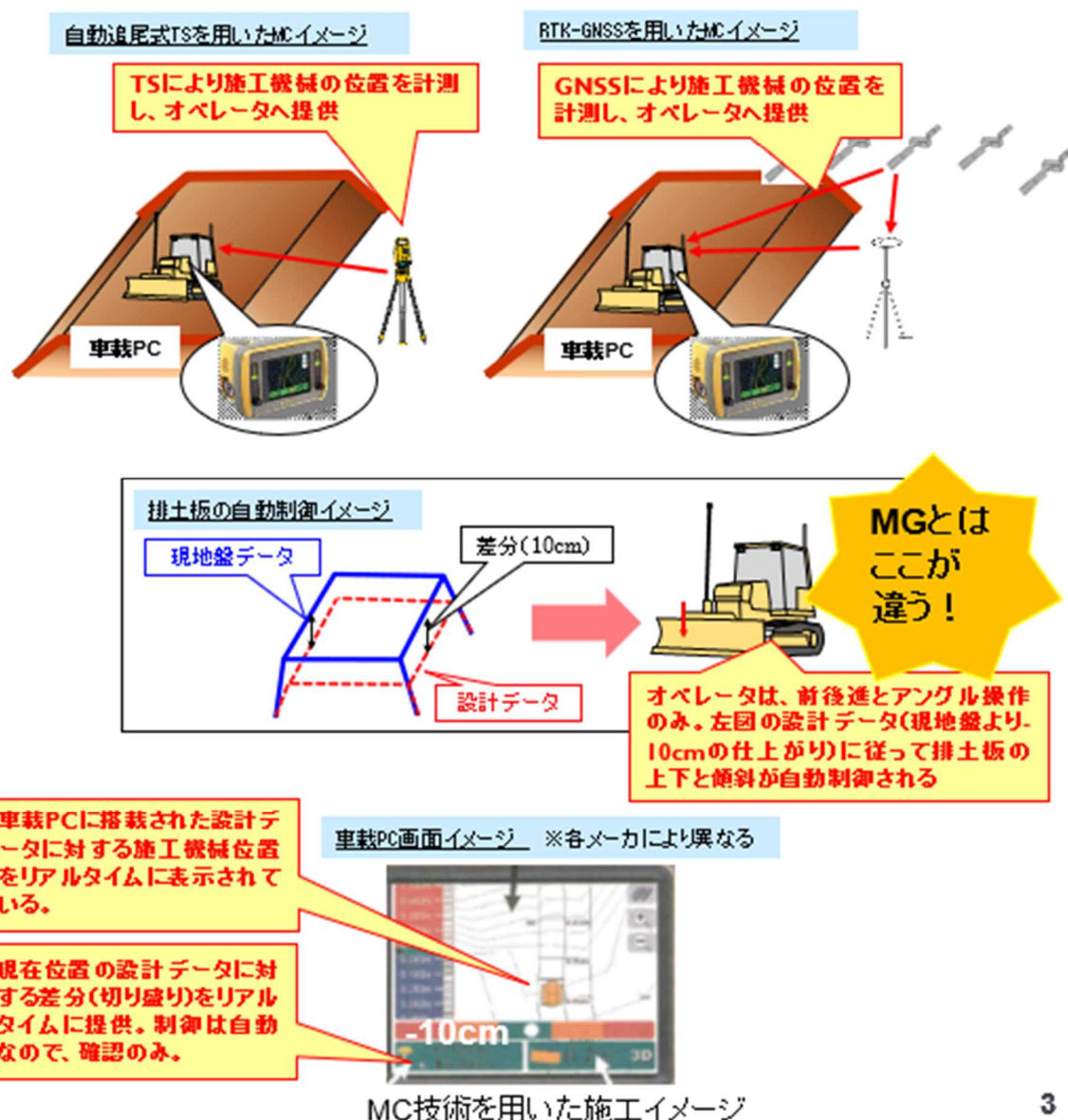
平成30年2月

## 基礎編

1. MC/MG技術(ブルドーザ)の概要
2. MC/MG技術(ブルドーザ)の構成例
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(ブルドーザ)導入のメリット
6. MC/MG技術(ブルドーザ)導入の主要5パート

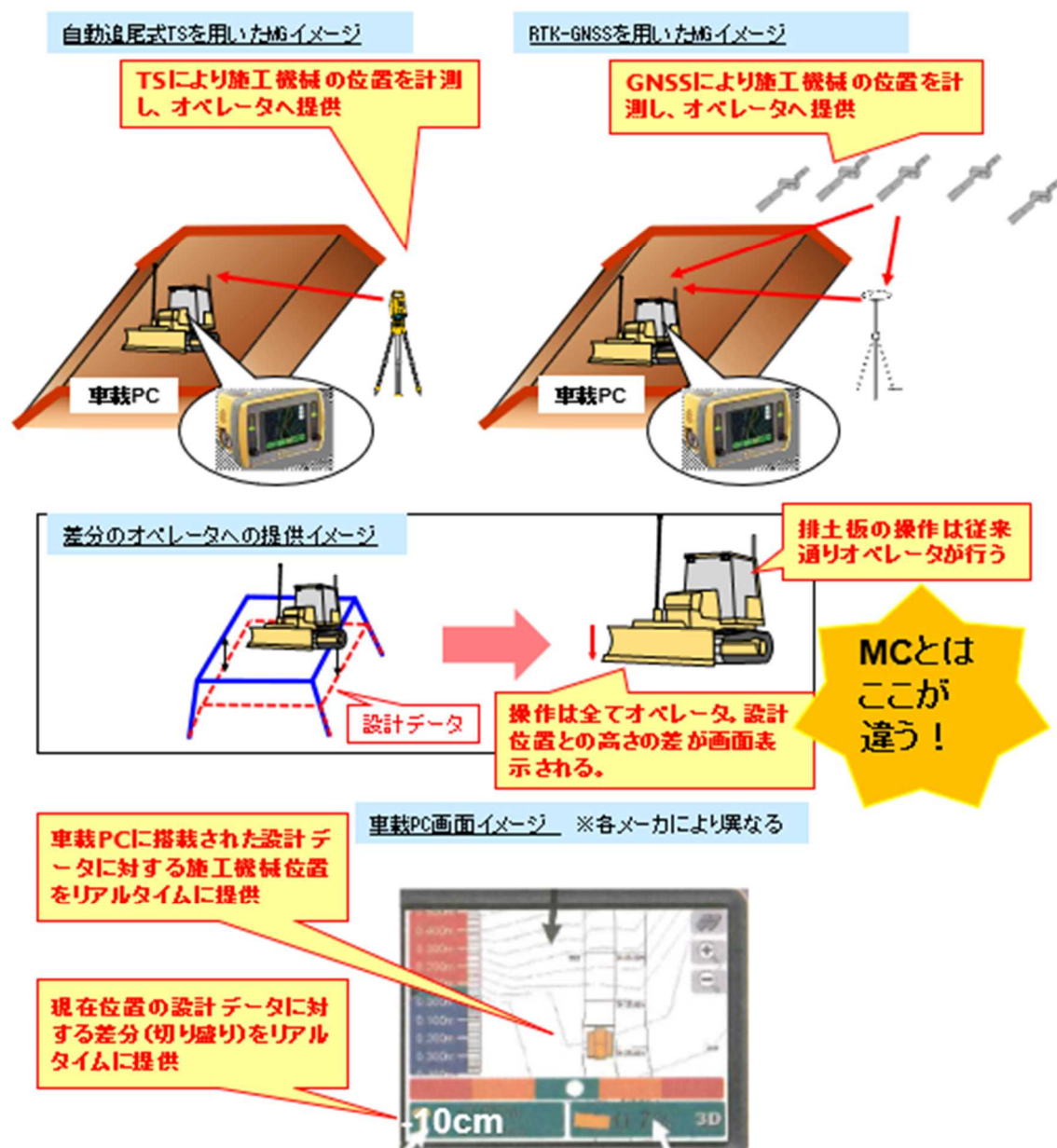
## 1. ①マシンコントロール技術 (ブルドーザ) の概要

- ▶ マシンコントロール(以下、「MC」という。)技術とは、自動追尾式のTS(トータルステーション)やGNSS(汎全地測位航法衛星システム)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、排土板の高さ・勾配を自動制御するシステムです。
- ▶ オペレータ画面には設計との差が表示されており、施工状況を確認しながら施工します。排土板の上下は自動化されておりオペレータの作業は左右への排土と前後進のみです。自動制御は手元スイッチでON/OFFが可能です。



## 1. ②マシンガイダンス技術 (ブルドーザ) 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。操作は全て従来のブルドーザと同様です。



MC(ブルドーザ)技術を用いた施工イメージ

## 2. MCとMG技術(ブルドーザ)の機器構成の違い

- ▶ MCとMGの違いは、測位結果と設計データとの差から算出される標高差と傾きの差を、油圧の自動制御に利用するかどうかの違いです。
- ▶ MCでは、油圧を自動制御するためにブルドーザの油圧バルブに電気信号を送って制御を行います。MGでは、制御は行ないません。



### 参考

#### センサ等を標準搭載した器械について

- 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。
- 油圧バルブについても、既にMCコントローラとの通信部を標準搭載している場合もある。

### 参考

#### 油圧バルブへの接続について

- MC/MGのシステムは、現状では同様のシステムが用いられていることが多いです。ですので、油圧バルブに接続するかどうかの違いになります。
- 油圧バルブは、電磁バルブと呼ばれる電気信号で制御されているタイプが必要です。最近のブルドーザは電磁バルブが一般的ですが、古いタイプの場合は確認が必要です。
- 電磁バルブでも、制御信号のフォーマットなどが不適合な場合は安全な制御ができない場合があります。システムメーカーに、機種・型式・製造番号などを連絡し、確実にMC化できるか確認しておく方が良いでしょう。



### 3. MC/MG技術(ブルドーザ)で利用される測位技術

#### ▶ 位置計測技術(例)

##### 【自動追尾式TS】

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、連続的に全周プリズムの位置を計測します。計測結果は無線で建設機械に転送されます。この方式では、自動追尾式TSに建設機械が1台のセットとして稼働します。



##### 【RTK-GNSS】

建設機械に取り付けたアンテナ位置の座標をRTK-GNSSを用いて計測します。RTK-GNSSの基準局から補正データを無線装置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。

自動追尾TS方式に比べてやや高さ方向の計測精度が劣ります。



##### 【ネットワーク型RTK-GNSS】

RTK-GNSSの基準局から送信される補正データを、携帯電話やインターネット通信を介して提供する方式。国土院が整備している電子基準点を用い、建設機械の近辺に仮定の基準局を設定し、仮定の基準点で得られる受信データの補正データを提供します。建設機械側のシステムはRTK-GNSSと同じで良い。基準点の代わりに、仮想基準点データを受信する受信機、データを作成・配信するベンダーとの契約と通信料が必要となります。

精度は、RTK-GNSSと同程度であり、自動追尾TS方式に比べてやや高さ方向の計測精度が劣ります。

##### 【RTK-GNSS+レーザー装置による高さの補完】

RTK-GNSSの高さ方向の精度を自動追尾式TS程度まで向上させるために、レーザー技術による補完を行う技術である。本技術の利用により、複数の建設機械を同時にかつ高精度にマシンコントロールすることが可能となります。



#### 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。
- 施工に必要な精度に応じて適切な測位技術を選択すること。

## 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。

### ▶ 適用作業

#### □ 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  
盛土工
- 2)道路土工  
路体盛土工/路床盛土工

《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<br>施工管理 | 備考 |
|------------------|---|-------------------------|-------|------|------|---------------|----|
|                  |   |                         |       | 河川土工 | 道路土工 |               |    |
| ICT建設機械<br>による施工 | 3次元マシンコントロール(ブルドーザ)技術<br>3次元マシンガイダンス<br>(ブルドーザ)技術 | まきだし<br>敷均し<br>掘削<br>整形 | ブルドーザ | ○    | ○    |               |    |
|                  | 3次元マシンコントロール<br>(バックホウ)技術<br>3次元マシンガイダンス(バックホウ)技術 | 掘削<br>整形                | バックホウ | ○    | ○    |               |    |

#### □ ICT活用工事(土工)以外での適用工種

MC/MGブルドーザは、造成工事、駐車場整備、緩斜面の法面整形、小規模な敷均しなどにも有効活用できる。

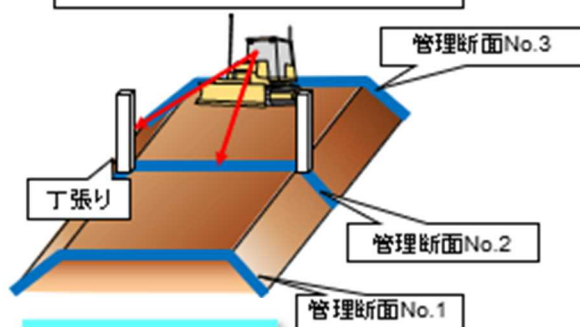
## 5. MC/MG技術(ブルドーザ) 導入のメリット 1/2

- ▶ 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】

## 従来の施工イメージ

オペレータは、丁張り及び施工状況を目視確認しながら建設機械を操作



## 【MC/MG技術】

## MC/MG技術を用いた施工イメージ

## 【MCの場合】

オペレータの操作は、切盛調整、前後進のみ  
※排土板は設計データに応じて自動制御

## 検測状況

設計高さからのオフセットを適宜確認

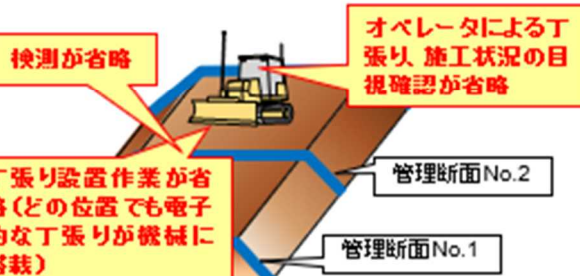


## 現状

- ・検測に労力・時間を要する。
- ・施工時間がオペレータの技能に左右される。
- ・検測者は重機付近の作業で危険

## 【MGの場合】

オペレータは、車載モニタより提供される設計データとの差分に応じて建設機械を操作

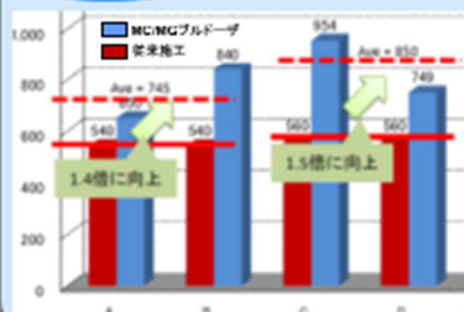


## メリット

- ・丁張り設置、検測作業の省略により施工が効率化する。
- ・オペレータによる丁張り、施工状況の目視確認の省略により、施工時間がオペレータの技能に左右されず、施工が効率化する。
- ・重機付近の作業員を削減でき、安全性が向上

## 参考

## MC(ブルドーザ)技術と従来施工との施工量の比較



## 【日当たり施工量の増加量】

- ・A現場: 540m³/日 ⇒ 650m³/日
- ・B現場: 540m³/日 ⇒ 840m³/日
- ・C現場: 560m³/日 ⇒ 954m³/日
- ・D現場: 560m³/日 ⇒ 749m³/日

効率的に利用すれば施工量が大幅に増加  
(1.5倍に向上)

出典: 情報化施工推進会議 第8回会議資料  
資料4 直轄工事における情報化施工の試験施工(平成21年度 調査結果)  
(情報化施工推進会議)

※「ICT活用工事(土工)実施要領(H28.3)」ではMCのブルドーザは標準能力の1.2倍を見込んでいる。

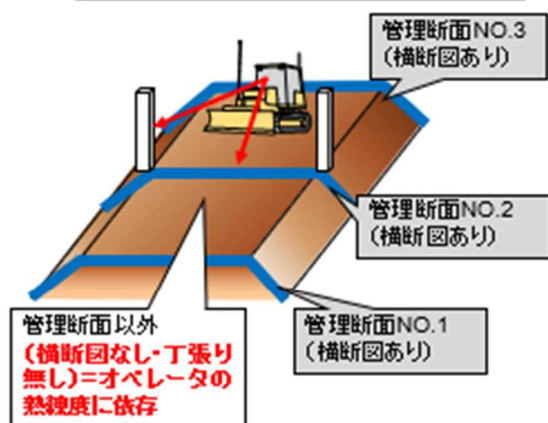
## 5. MC/MG技術 (ブルドーザ) 導入のメリット 2/2

▶ 面的で高精度な施工品質の容易な確保

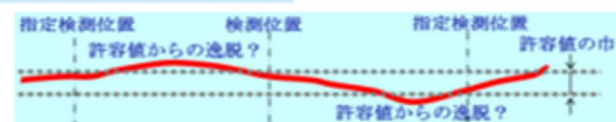
## 【従来手法】

## 従来施工イメージ

オペレータは、管理断面の設計値(丁張り)を目標に施工を実施



## 仕上り面と許容値との関係



出典: 情報化施工の普及推進(第3回)セミナー(近畿地方整備局)

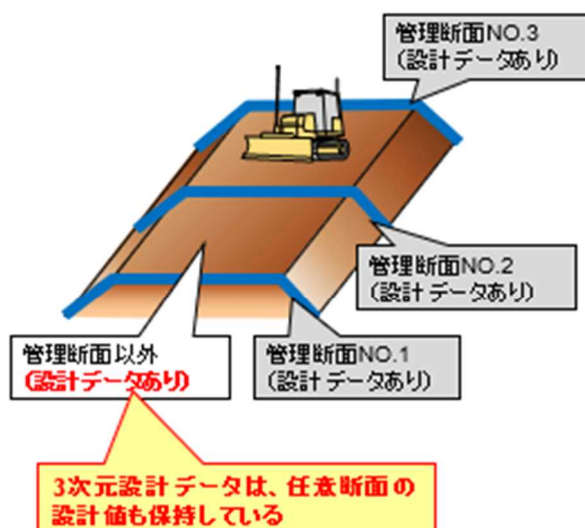
## 現状

・管理断面(検測位置)の施工品質は確保されるが、管理断面ではない部分の施工品質は不明である。(管理されていない)

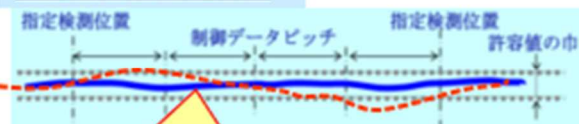
## 【MC/MG技術】

## MC/MG技術を用いた施工イメージ

【MC/MG共通】  
車載PCに搭載された3次元設計データのおりに施工を実施



## 仕上り面と許容値との関係



管理断面(検測位置)以外の部分でも検測位置と変わらない施工制度が実現する

出典: 情報化施工の普及推進(第3回)セミナー(近畿地方整備局)

## メリット

・管理断面ではない部分も設計データに基づき施工されるため、施工品質が容易に確保できる。(面的な品質確保)  
・オペレータの技能に依存せず、効率的に高精度な作業を実現できる。(MCの場合)

## 6. MC/MG技術 (ブルドーザ) 導入の主要5パート

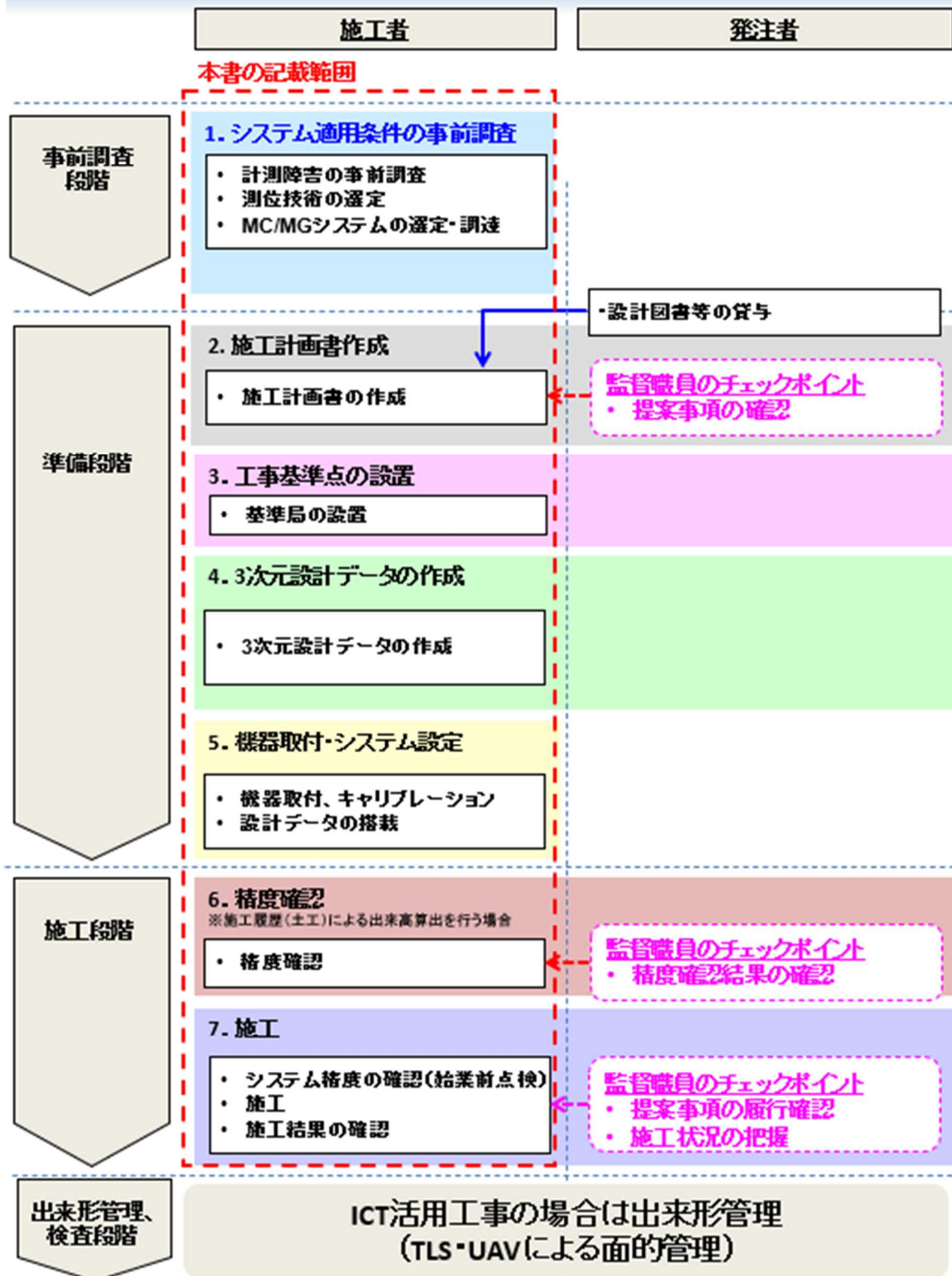
- ▶ MC/MG技術を用いた施工では以下の主要5パートの適切な実施により、施工精度を確保することができます。



## 実務編

1. MC/MG技術(ブルドーザ)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（ブルドーザ）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 style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">計測障害の<br/>事前調査</div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・計測障害の事前調査(解説①) P14</li> </ul>                                 |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">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) P15</li> <li>・MC/MGシステムの選定・調達(解説③)P16</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。

#### 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

#### 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

・TSでは、計測機器とMC/MG機械が1対1、RTK-GNSSでは1つの基準局に対して複数のMC/MGを稼働させることができます。現場条件と、必要なシステムを考慮して選定が必要です。

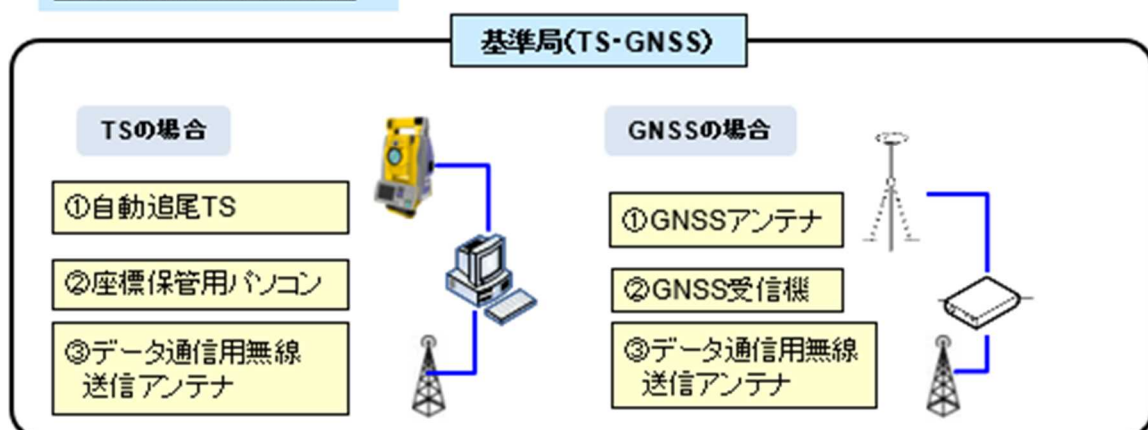
## 解説②：測位技術の選定【施工者】

～2.システム適用条件の事前調査時の実務内容～

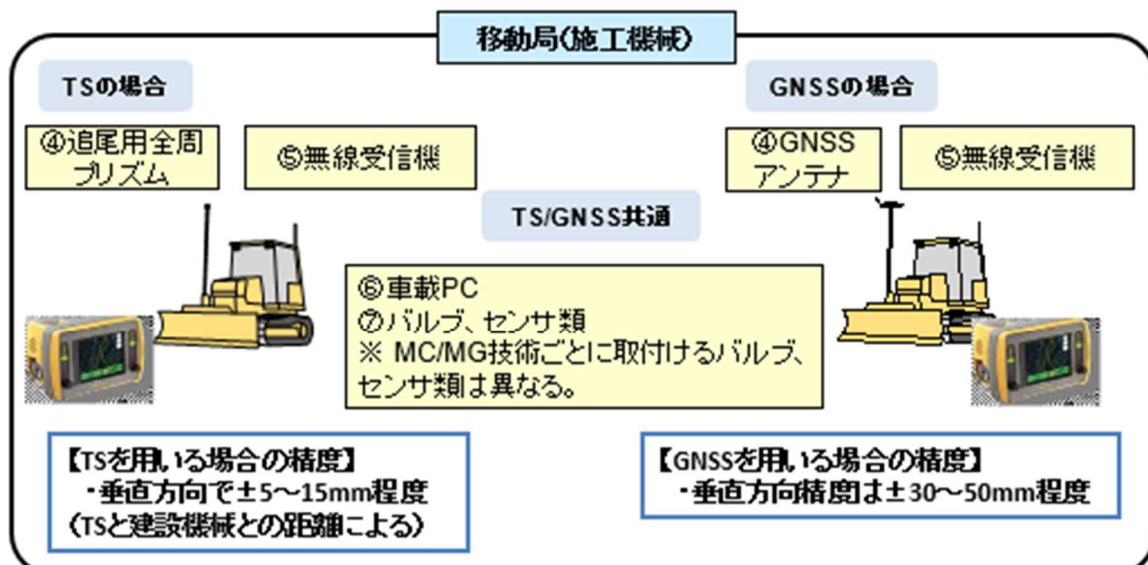
- ▶ MC/MG技術を用いた施工に必要な機器・ソフトウェアは、「基準局」「移動局」に大きく分類され、システム販売・レンタル業者では機器・ソフトウェアを一つのシステム単位で製品としています。(以下、機器・ソフトウェアを総称して「MC/MGシステム」という。)
- ▶ MC/MGシステムは、測位技術にTSを用いるシステムとGNSSを用いるシステムとがあり、それぞれ機器構成が異なります。

## MC/MGシステムの機器構成

## MC/MGシステムの機器構成



※TSで、計測したデータを「②座標保管用パソコン」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。



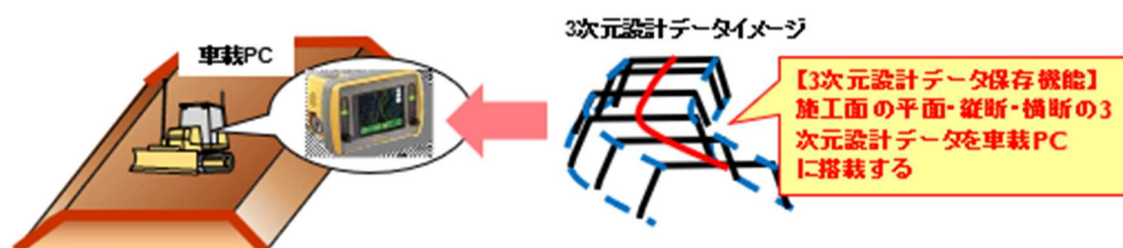
※ 移動局は施工機械と各機器とをセットで購入・レンタルする方法、各機器のみを購入・レンタルし保有済みの施工機械に取り付ける方法とがある。

### 解説③： MC/MGシステムの選定・調達【施工者】

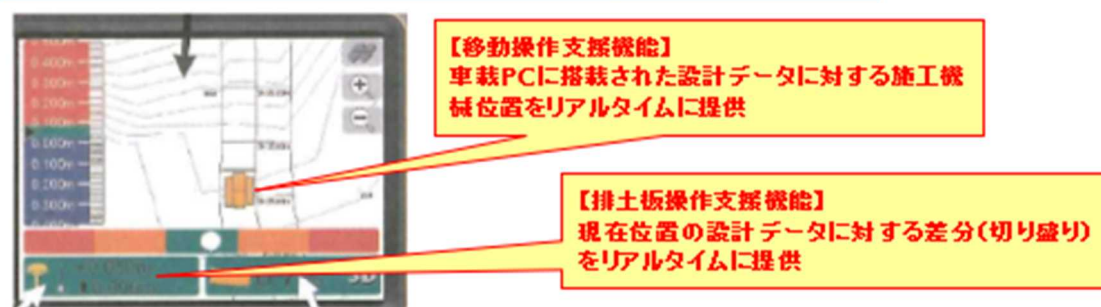
～ 2.システム適用条件の事前調査時の実務内容～

- ▶ MC/MGシステムは、測量器械販売店やリース・レンタル店、施工関連のソフトウェアメーカー等より、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(モータグレーダ)、MC/MG(ブルドーザ)】 ※各メーカーにより異なる



#### 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

## 2) ブルドーザの場合

作業装置位置の精度確認は、現場条件に合わせて、以下のいずれかの方法で行う。

- MC/MG技術の情報とTS計測による取得情報との作業装置位置の較差  
MC/MG技術より提供される作業装置位置とTS計測により取得される作業装置位置との較差により取得精度の確認を行う。作業装置位置の精度の確認方法を図3-3に示す。計測は、ブルドーザの作業装置角度を変更し、3回(6ヶ所)以上行い、計測箇所は、往復を含め、延べ6箇所以上とする。

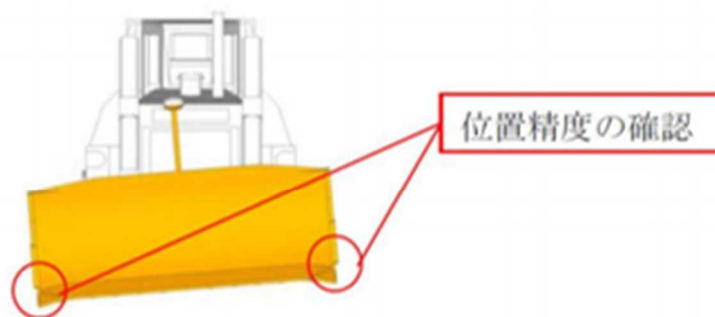


図3-3 ブルドーザの作業装置位置の精度の確認方法

## • テスト走行による検測

施工前に、ICTブルドーザによるテスト走行を行い、テスト面の検測から取得したデータを用いて位置精度を取得する。現況地形のデータをMC/MGシステムに搭載したブルドーザを走行し、作業装置の左右端の2点以上を検測する。さらに、テスト走行は、異なる2方向(例えば逆向き)で作業装置角度を変えて実施すること。検測はTS計測し、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。テスト走行による検測図を図3-4に示す。

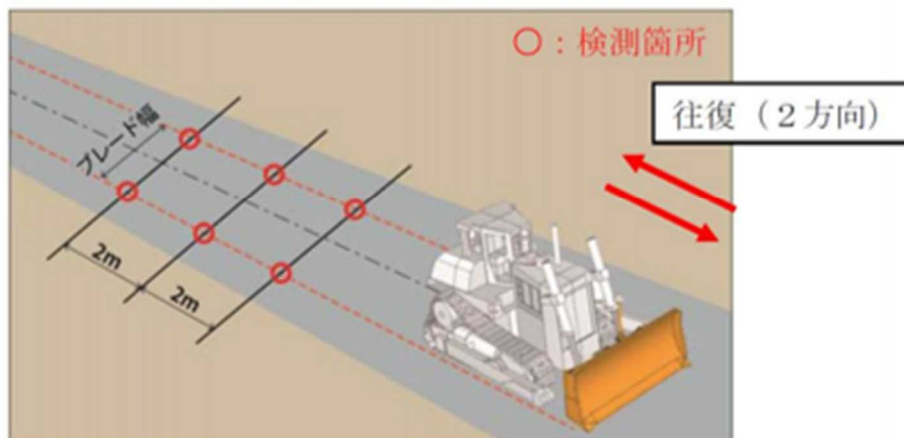


図3-4 テスト走行による検測例

### 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<br>実務内容      | 監督職員<br>の実務内容          |
|--|-------------------|------------------------|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">           施工計画書の作成         </div> | ・施工計画書の作成(解説①)P19 | ・提案事項の確認<br>・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、施工前の協議で発注者で確認しておくとい良いでしょう。

### 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、選定したMC/MGシステムのメーカー、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(メーカーフレット等)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。

- ①MC/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。
- ③TS出来形を利用して確認する。

・施工時の目標や確認の頻度を記載する(例)

MC/MGを導入するだけでは仕上り厚を確保しているかどうか解りません。どのように状況を確認するかが重要です。

- 例)目標値との差が0～+5cmとなるように仕上げる。  
仕上がりは、当該施工日の実施範囲のうち3カ所で実施する。

#### 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

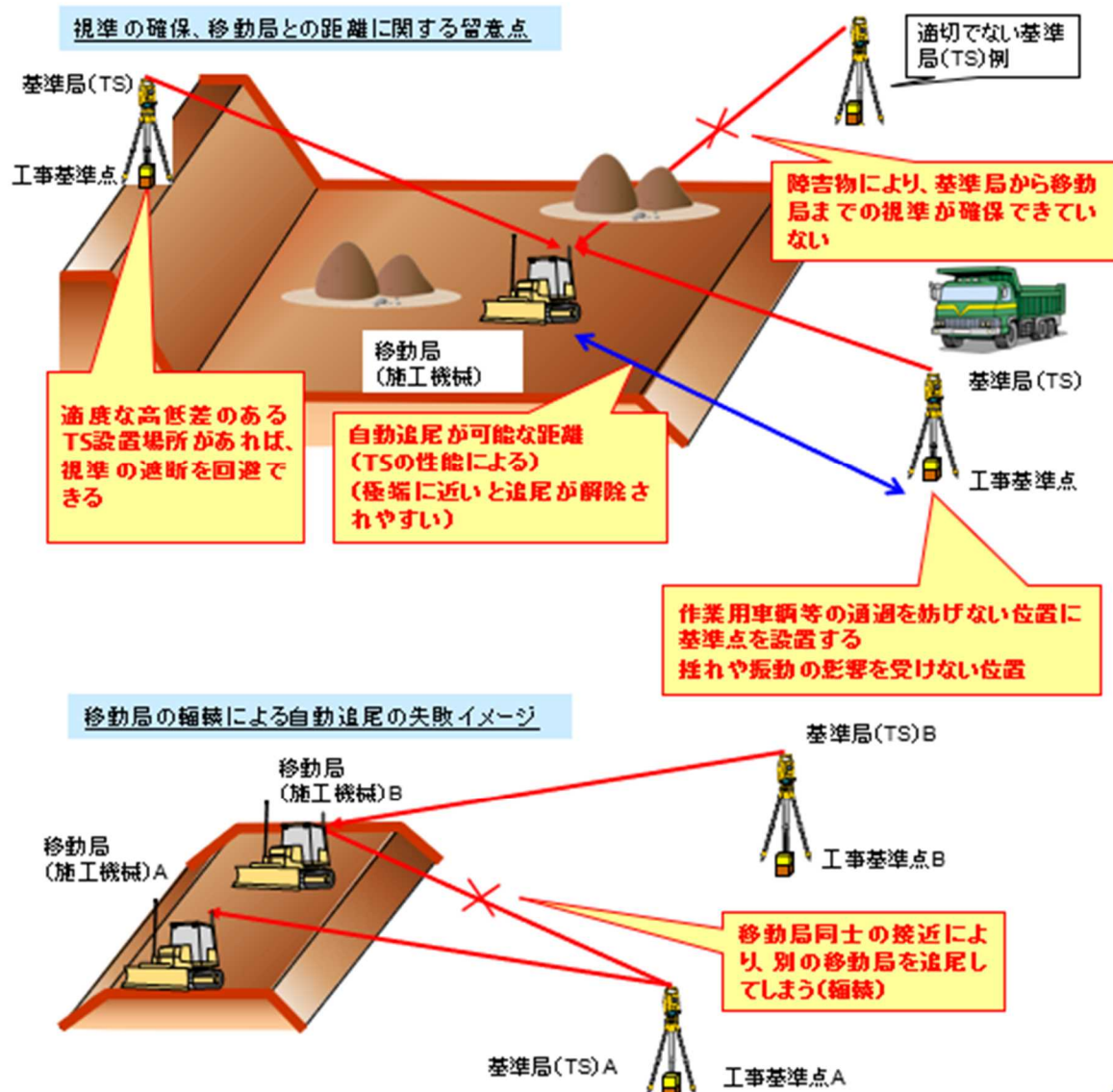
| フロー   | 施工者の実務内容  |
|---|---|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">基準局の設置</div> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>工事基準点の設置</b><br/>           基準局の設置(TSを用いる場合)(解説①) P21<br/>           基準局の設置(GNSSを用いる場合)(解説②) P22</li> </ul> |

## 解説①：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(締固め機械)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)





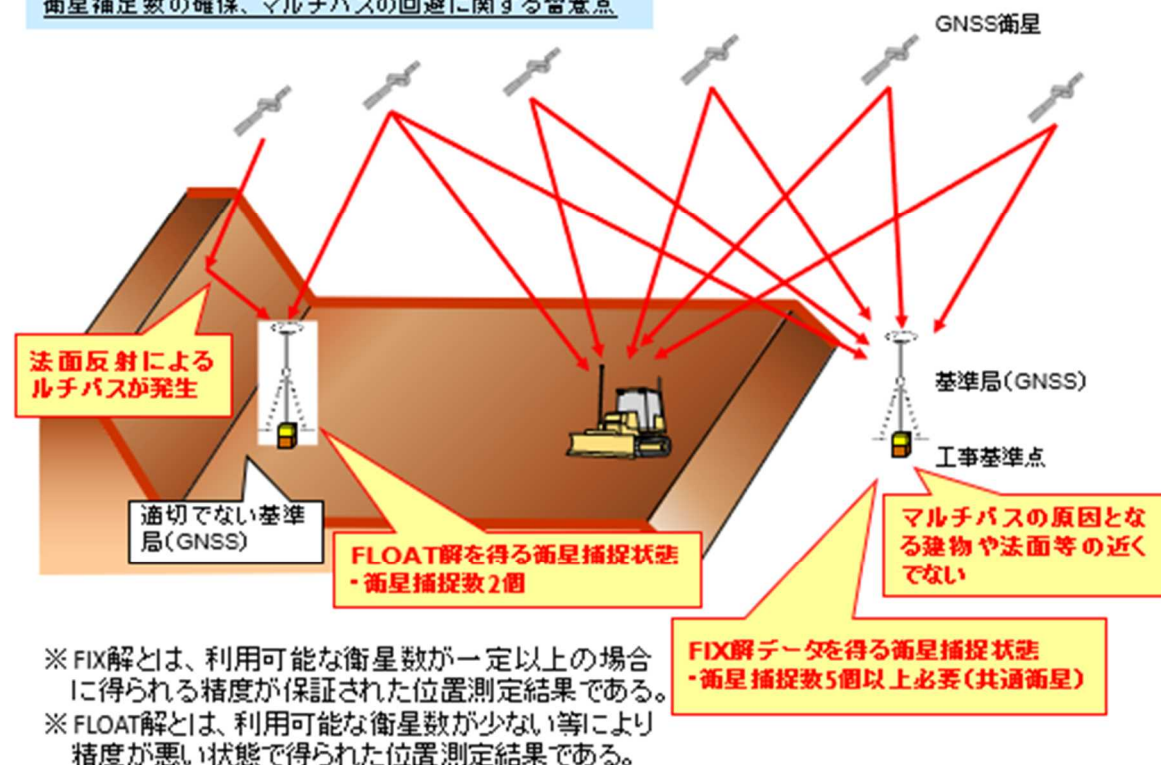
## 解説②：基準局の設置 (GNSSを用いる場合) 【施工者】

～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



#### 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。

## 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次元設計データの種類(解説①) P24</li></ul> |

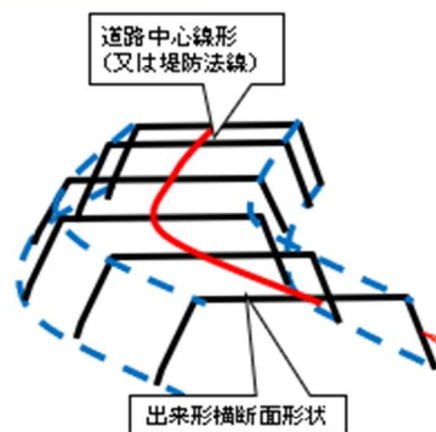
## 解説①：3次元設計データの作成【施工者】

～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



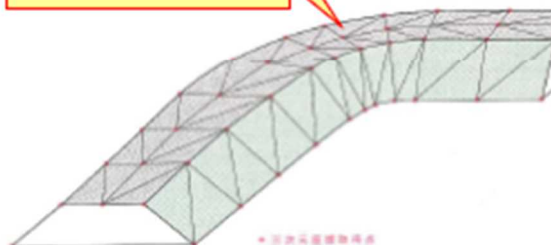
道路土工、河川土工では「路線データ」を用いたデータ作成することが多い。

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)

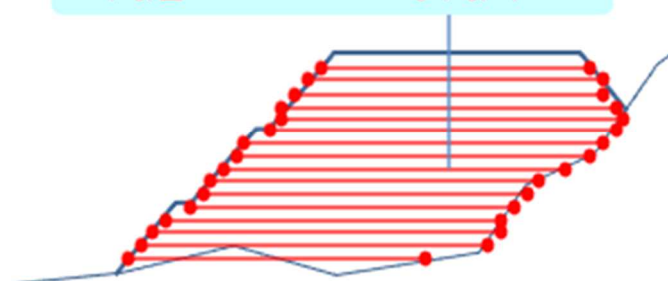
## 解説②：3次元設計データの作成【施工者】

～5.3次元設計データ作成時の実務内容～

- ▶ ①敷均しで用いる3次元設計データと当該工事の最終の目的形状は一致しない場合が一般的です。
- ▶ ②実際の施工では、必要となる範囲より広範囲に施工し仕上げ段階で整形することが一般的です。
- ▶ 上記の①、②を考慮しつつ効率的な3次元設計データを作ります。

### データ作成のイメージ例

#### △間違いではないが手間大



【手間を要する例:解説】

盛土の各層仕上げ平面を作成、MC施工時には層毎の設計データを選択して施工。

※ 層毎にオペレータへの利用データの指示が必要

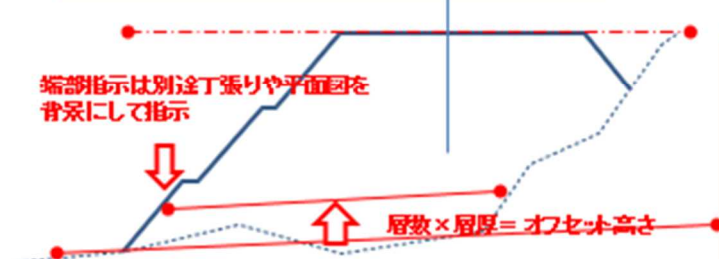
(やや大きめに作業し、整形工で整える)

○ 端部指示作業が省力化

× データ作成作業は層毎に必要で、端部位置の算出が必要。

× データ作成範囲が広いので、MC施工時にデータ作成範囲外になりやすい。

#### ○効率的なデータ作成



施工中は排水勾配を考慮した面仕上げ用に別の面を作成

【効率的な例:解説】

盛土面積の最大部分の基準となる平面だけを作成し、MC施工時には層毎の高さオフセットを変更して施工。

※ 層毎にオペレータへのオフセット量の指示が必要

※ 端部指示は別途丁張りなどで指示(やや大きめに作業し、整形工で整える)

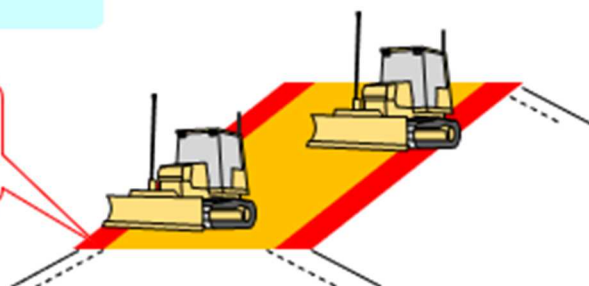
○ データ作成作業は少ない。

○ データ作成範囲が広いので、MC施工時にデータ作成範囲外になりにくい。

× 端部の位置を指示する作業が別途必要。

#### ○広めのデータ作成

整形の為の盛りこぼし部分で設計データが無いと制御不能に！



## 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  |
|--|---|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">機器取付</div> <p style="text-align: center;">↓</p>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 建設機械への機器取付(解説①) P27</li> </ul>   |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">キャリブレーション</div> <p style="text-align: center;">↓</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• キャリブレーション(解説②) P28</li> </ul>    |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">精度確認</div>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 排土板等の位置精度の確認(解説③) P29</li> </ul> |

## 解説①：建設機械への機器取付【施工者】

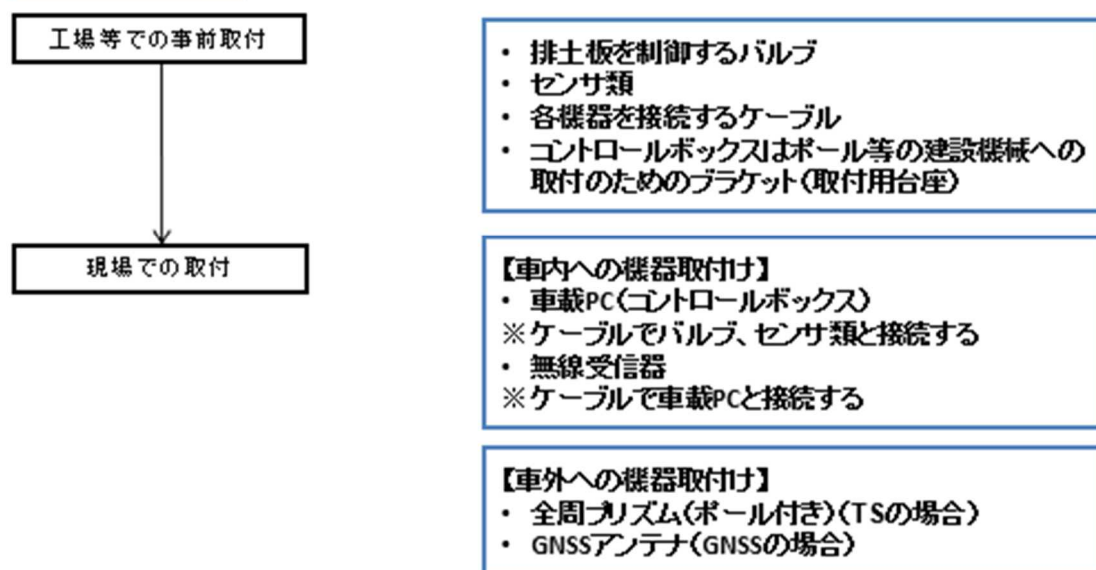
～6. 機器取付・システム設定時の実務内容～

- ▶ 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、実施することない。

### 主な機器取付の内容

#### 機器取付の流れ



#### 車内への機器取付状況



#### 車外への機器取付状況



※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。

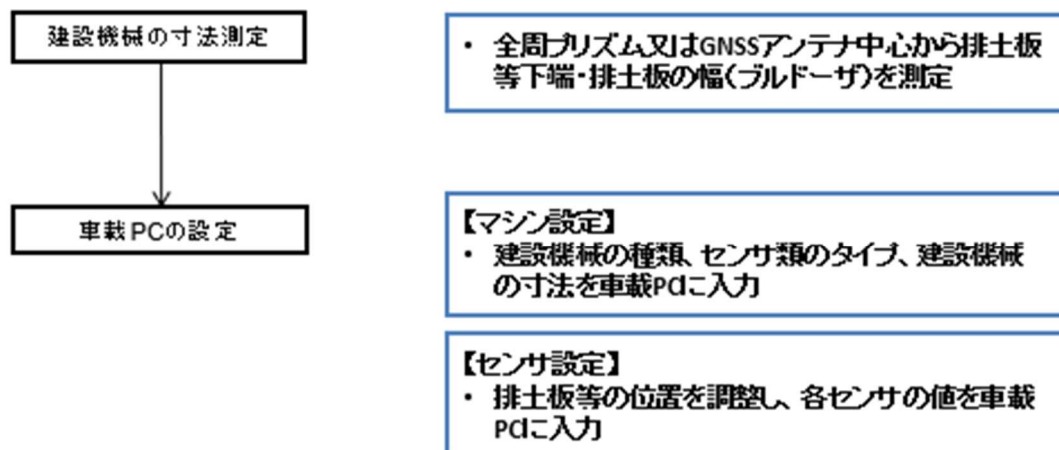
## 解説②：キャリブレーション【施工者】

～6. 機器取付・システム設定時の実務内容～

- ▶ 機器取付後、排土板幅等の測定、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



全周プリズム中心から排土板下端の測定状況



排土板幅の測定状況



※ 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。

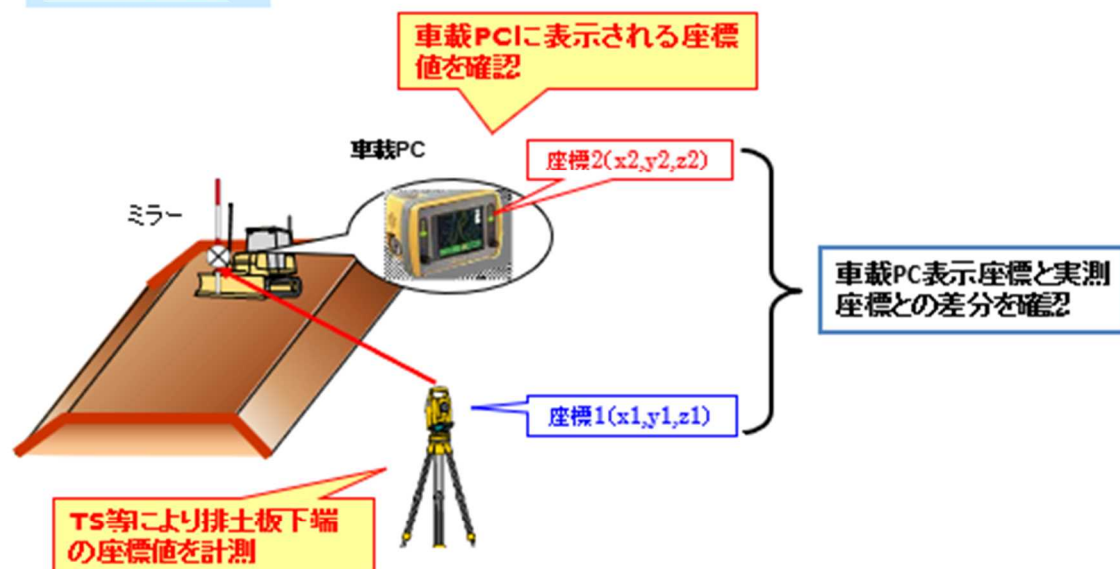
### 解説③：排土板等の位置精度の確認【施工者】

～6. 機器取付・システム設定時の実務内容～

- ▶ MC/MG技術を搭載した建設機械が適切な施工精度を有しているかを施工着手前に確認します。
- ▶ 施工精度は、排土板等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排土板等の位置を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(ブルドーザ))

#### 確認方法 イメージ

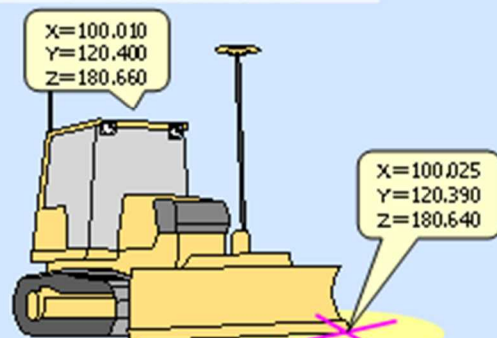


#### 参考 位置精度の確認

- ・TSの他にも、既設の丁張りや確認する方法や、確認用の基準点(コンクリート上に目印)を設置しておく方法もある。



現場内の不動点に座標を付け、バケットやブレードを当てて、日常的に精度を確認する。





## 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> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">施工</div> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 施工精度の確認・対処<br/>(解説①) P31</li> <li>・ 施工状況・結果の確認<br/>(解説②) P32</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> |

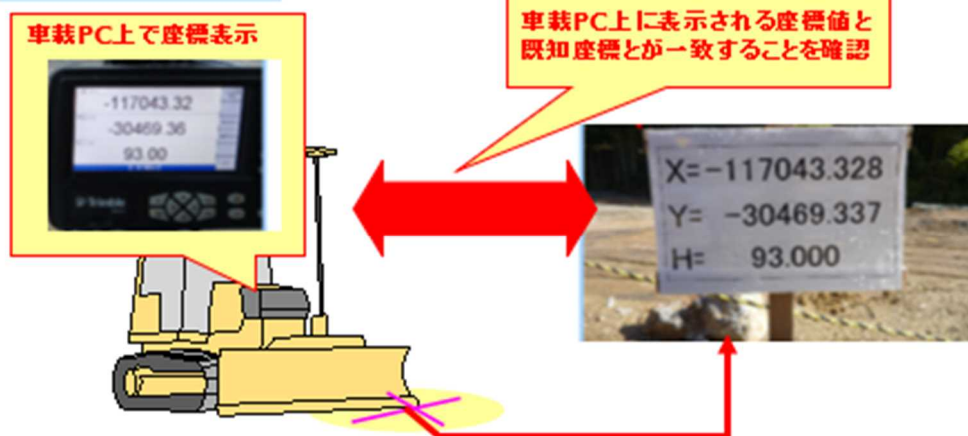
## 解説①：施工精度の確認、対処【施工者】

～7.施工時の実務内容～

- ▶ 施工期間中、は作業開始前に排土板等の位置取得精度を適宜確認します。
- ▶ 排土板等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



### 排土板等の位置取得精度の低下要因

#### 終動局(建設機械)側の要因

- (1)排土板等の摩耗による排土板等寸法の変化
- (2)機械ガタの増加
- (3)全周固プリズム(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

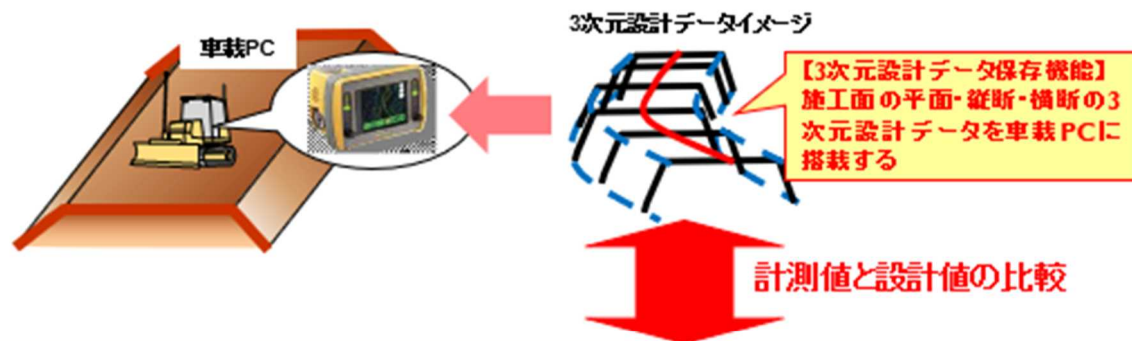
- (1)基準点の揺れ、振動
- (2)TS、GNSSアンテナ設置位置のずれ
- (3)TS、GNSSアンテナの故障、バッテリー切れ等
- (4)無線送信装置の故障等、バッテリー切れ等

## 解説②：施工状況・結果の確認【施工者】

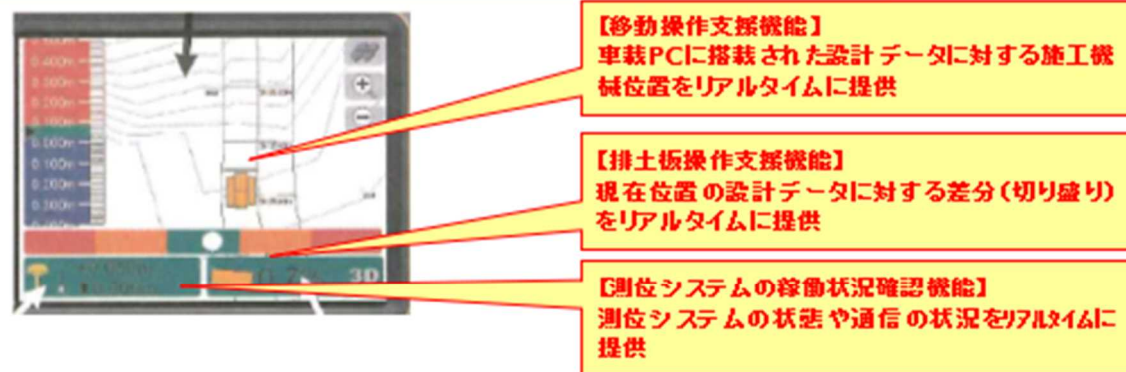
～7. 施工時の実務内容～

- ▶ 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く。

## システム画面での確認例 ※各メーカーのより異なる



## 車載PC画面イメージ【MC/MG(ブルドーザ)】 ※各メーカーにより異なる



## 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】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    |  |
|-----|---|--------------------------------|------|----------------------------------|-------|--|
| 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<br>※H29予算:14.1億円<br>※H30予算:12.7億円<br>※H30.1.26時点執行率は75%<br>※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<br>[事務局公募中]<br>(1/19~2/15) | 経済産業省 | ソフトウェアのみ<br>※H28補正:100億円<br>ICT土工のソフト導入にあたっての活用実績<br>→208件(1次公募分)<br>※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<br>[事務局公募中]<br>(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)<br>※H28補正:763億円<br>※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<br><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<br>経営力向上計画を認定件数<br>→1000件以上 |
|      | 中小企業経営強化税制<br><a href="http://www.chusho.meti.go.jp/keiei/kyoka/index.html">www.chusho.meti.go.jp/keiei/kyoka/index.html</a>   | 固定資産税                        | 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<br><a href="http://www.chusho.meti.go.jp/zaimu/zeisei/2014/tyuusyoutokigyoutousisokusinzeisei.htm">www.chusho.meti.go.jp/zaimu/zeisei/2014/tyuusyoutokigyoutousisokusinzeisei.htm</a> | 建設機械、情報化施工機器等                | 法人税、所得税、法人住民税、事業税                     |       |                                     |

※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:<br>7億2千万円<br>(中小企業事業)<br>7千2百万円<br>(国民生活事業)<br>※貸付期間:20年以内<br>※貸付対象:<br>環境対策型建設機械の購入<br>情報化施工機器の購入・貸借 |
|    | <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、貸借 | 日本政策金融公庫 | 中小企業庁 |  |
|    | <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、縦断面図及び横断面図から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(クロノイド)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、クロノ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面図に示されており、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、横断面図として示されている。   |

## 【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)、北斗(中国)など、人工衛星を利用した測位システムの総称。<br>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。   |
| XML                     | eXtensible Markup Languageの略称。<br>コンピュータ言語の一種。   |

## 第2編 現場対応集・事例集

---

## 1. ICT活用工事におけるQ&A集（現場対応集）

# ICT活用工事における 現場対応集

近畿地方整備局 近畿技術事務所

## ICT活用工事におけるQ&A集

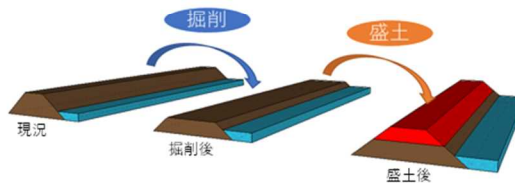
該当工種：土工

出来形計測

### Q1. 現況への擦り付け仕上げ部の管理手法の協議

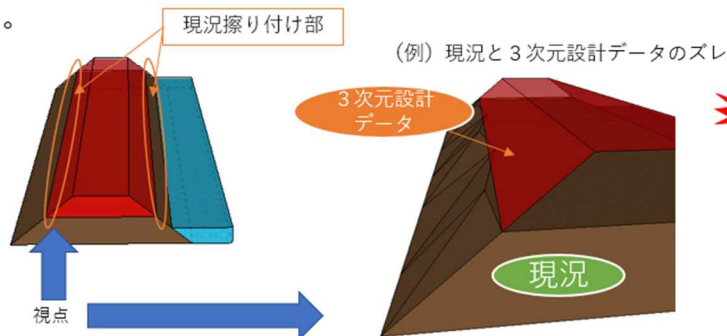
#### ■現場条件

- ・堤防の災害復旧工事  
災害により破損した堤防を掘削し、再度、盛土し復旧する工事



#### ・発生する課題

盛土後の最終出来形形状の法尻部は現況擦り付けとなるため、3次元設計通り施工することが困難な場合がある。そのため、出来形計測に面的な管理手法を実施した場合に不合格となる可能性がある。



法尻部の施工は現況に合わせて施工するため3次元設計データ通りに施工できないが、出来形の計測結果は3次元設計データと比較するため、ズレが生じる場合がある。

## ICT活用工事におけるQ&A集

該当工種：土工

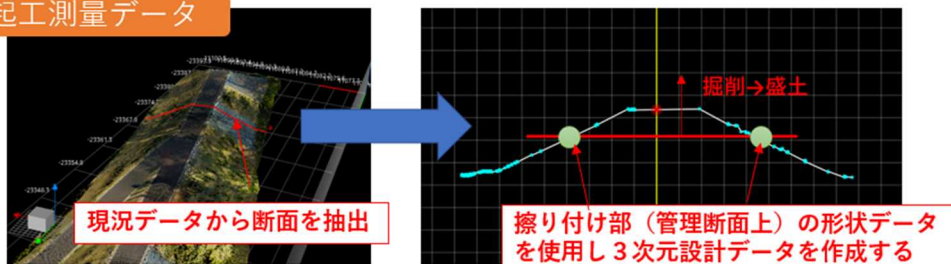
出来形計測

### Q1. 現況擦り付け仕上げ部の管理手法の協議

#### A1.

- ①面管理と従来手法による複合管理とする。  
天端のみを面管理とし、法面は従来手法（レベル・テープ）による管理を実施する。  
さらに、竣工前に出来形計測に要求される手法により計測した点群データを納品する※。  
※出典 「別紙-4 【特記仕様書】記載例 ④3次元出来形管理等の施工管理」
- ②従来手法（TS）により出来形計測を実施する。  
TSによる出来形計測方法は、変化点を計測し2点間距離を算出するため、法面部（法肩、法尻）を計測すると、自動的に天端も計測される。天端に面管理を用いる必要が無い場合、従来手法（TS）のみ出来形計測とする。
- ③起工測量データから法尻部（擦り付け部）の現況データを抜き出して、現況に合わせた3次元設計データを作成し、面管理を実施する。

#### 起工測量データ



# ICT活用工事におけるQ&A集

該当工種：土工

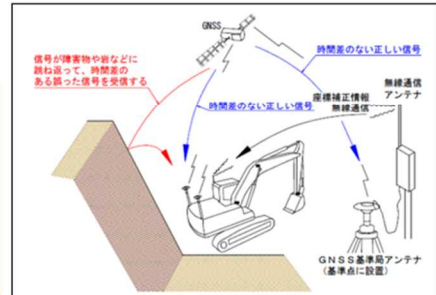
ICT施工

## Q2. 電波の受信感度が悪くICT建機の精度があがらない

### ■現場条件

- ・山間部などにより、GNSSの測位情報が低下し、ICT建機による施工が困難である。

GNSS機器のアンテナは衛星からの電波を直接受信するのみではなく、山間部法面やビル群により反射された電波も受信してしまう。その結果、反射した電波は直接受信した電波よりも遅い時間となるため遠くにいる状態と誤認識してしまう「マルチパス」という現象が発生してしまう。このマルチパスにより衛星から受信した電波による自己位置の算出精度が劣化してしまい、ICT施工における精度劣化の原因となる。また、木が生い茂っている場合もGNSSアンテナによる受信状態が悪くなり計測精度の劣化が懸念される。



マルチパスによる測位精度の低下

### ■対応策

- ・TSタイプのICT建機を利用する。  
ICT建機に360度プリズムを搭載し、自動追尾機能を有したトータルステーションにより、自己位置の算出を行う。
- ・移動時には建機が向いている方向が変わってしまうため、作業前に左右に旋回を行い再設定を行う。
- ・木が生い茂っている場合は、マルチGNSSを利用することにより、自己位置の算出精度を向上させることができる。



TSタイプのICT建設機械

装備しているプリズム

# ICT活用工事におけるQ&A集

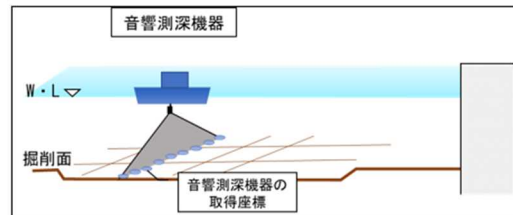
該当工種：土工

出来形計測

## Q3. 浚渫工、河道掘削工における点群取得方法

### ■現場条件

- ・施工範囲が深い場所であれば広範囲に計測ができ、作業時間の短縮が期待できる。しかし施工範囲が浅い場所である場合、狭い範囲の計測しかできず、音響測深機器を乗せたボートの航路を密に設定しなければならず、計測時間が多くかかってしまう



音響測深機器による点群取得イメージ

### ■対応策

- ・ICT建機にて取得できる施工履歴データを活用することにより、掘削面の点群データとして利活用する。
- ・音響測深機器による計測を実施せずに水中部の出来形が取得できるため、作業の効率化、生産性向上の向上が期待されている。





# ICT活用工事におけるQ&A集

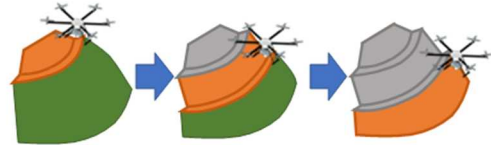
該当工種：土工

出来形計測

## Q4. 切土工事における法面保護を複数回実施する場合のICT活用方法

### ■現場条件

- 掘削を行った後に法枠の保護を行う工事。法面保護は複数回実施する。土工面の出来形管理をICTでする場合、土工面の出来形を取り終わるまでは、次の作業に従事できなくなり、着手が遅れてしまう留意点がある



複数段にまたがる土工面の出来形取得

### ■対応策

- ◆すべてのステップを実施する場合
  - 現場条件等から、3次元出来形管理（面管理）が非効率と判断される場合は、竣工直前の出来形計測を実施する事により、3次元出来形管理は免除される。
  - その場合、従来手法（TS等光波方式を用いた出来形管理等）で管理することが認められている。
- ◆すべてのステップを実施しない場合
  - ICT部分活用を実施し、出来形管理は従来手法にて行う

国土交通省

その他 5. 参考:ICT活用工事の必須要件(3次元出来形管理)の緩和

- 3次元出来形管理については、一度に広範囲の計測を短時間に実施することに生産性向上の面から優位性があるが、段取り次第では、3次元が従来手法かによらず、出来形管理を小ロットで行わざるを得ず、3次元出来形管理の優位性が発揮できない状況があった。
- このような場合、従前は3次元出来形管理が必須要件であったがために、優位性が無い状況においても実施しなければならなかったが、竣工直前の出来形計測(つまり出来形管理には用いない)を3次元計測で行い納品することを明示的に選択できるようになった。

例) 斜面を切り下げながら、法面処理を行う場合、掘削後すぐに法枠、あるいは養生等の施工に入ることから、1段ごとに面管理を行わざるを得なくなる。このような場合で、従来の2D出来形管理の方が他現場にも優位性がある場合が考えられる。

一方、i-Constructionの理念として、3次元計測の流通により、工事という単一プロセスの効率化だけでなく、建設生産プロセス全体の効率化があり、竣工直前の3次元(出来形)計測結果を残すことそのものの優位性はある。

出来形管理は従来手法で実施

竣工直前の3次元出来形計測を行い、納品する。(3次元出来形管理は免除)

## 2. ICT活用事例

## 2. ICT活用事例

動画あり

ICT活用事例 ステップ1：3次元データの普段使い

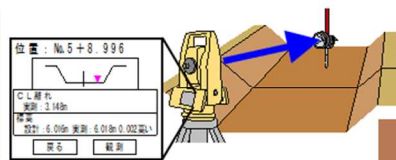
### 3次元設計データを現場管理に利用

#### 効果

- ① 丁張り計算等の事前準備なしで丁張りを設置することが可能
  - ・ 丁張り計算時間0分
  - ・ 現場作業20分 → 6分
  - ・ 作業人員3人 → 2人
- ② 施工状況の把握が簡単
  - ・ 現場のどこでも仕上り面と設計面との差が確認できる
- ③ どのような工事にも対応可能
  - ・ 土木、建築、民間工事等それぞれで利用できる技術



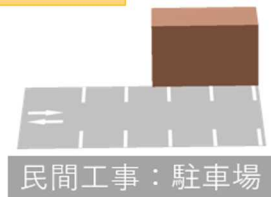
丁張り設置



施工状況の把握



建築：基礎の位置出し



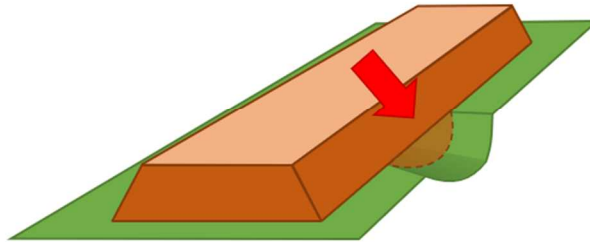
民間工事：駐車場

必要なICT技術：3次元設計データ作成ソフト（例：SITECH3D、武蔵等）、TS等光波方式測量機器（例：2・3級光波、LN150）  
必要な技術レベル：TS出来形の経験やTSの基本操作程度

## 面的な起工測量で設計照査を正確に、設計変更を簡単に

### 効果

- ① 着手前に用地境界や設計図書の不具合を発見できることで手戻り減少
  - ・ 用地境界の確認や設計図書の不備等の問題の早期発見
- ② 設計変更や工種追加時の追加測量がいらぬ
  - ・ 現場全体を面的に計測しているため、どこでも自由に横断面を切り出すことができるため、新たに現況測量をする必要は無し
  - ・ 変更などによる現況測量に掛かるコスト、工数の削減



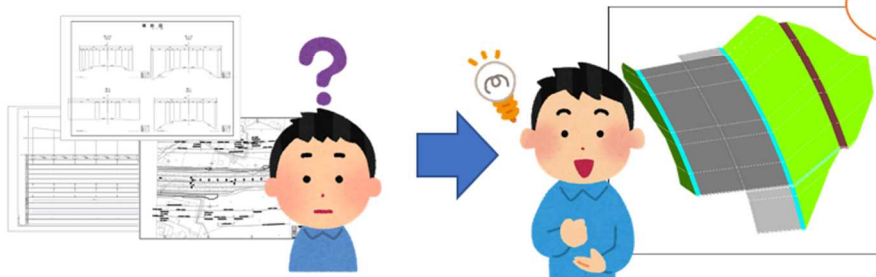
設計照査で問題点の早期解決

必要なICT技術：3次元設計データ作成ソフト（例：SITECH3D、武蔵等）、UAV写真測量等の点群計測技術  
必要な技術レベル：ICT活用工事での点群処理の経験（内製化が重要）

## 人材育成で将来への投資

### 効果

- ① 現場を3次元で表現し管理
  - ・ 若手にも施工前から現場の完成イメージや施工手順等の段取りが効率よく伝え共有することができる
  - ・ 現場管理に関する教育に利用
- ② ICT技術を導入する
  - ・ 従来に比べ少人数で現場を運営できるようになり、会社全体として同時に対応できる現場数も増える
  - ・ 現場担当の経験機会も増えることで、人材の育成時間も短縮され、人材育成に掛かるコストの削減が期待できる。



7年→5年

必要なICT技術：3次元設計データ作成ソフト（例：SITECH3D、武蔵等）、現場に即したICT技術  
必要な技術レベル：ICT活用工事の活用計画立案（複数回の経験）程度

### 3. I C T 建設機械の現場対応集

3. ICT建設機械の現場対応集

3.1 マシンコントロール/マシンガイダンスバックホウの現場対応集【施工者向け】

マシンコントロール／  
マシンガイダンスバックホウの  
現場対応集  
[施工者向け]

平成30年2月

## はじめに

国土交通省では、平成 25 年度より 10,000m<sup>3</sup>以上の土工を含む直轄工事で「TS を用いた出来形管理(土工編)」を使用原則化すると共に、①「TS を用いた出来形管理(土工編) (10,000m<sup>3</sup> 未満の土工)」、②「MC(モータグレーダ)技術」、③「MC/MG(ブルドーザ)技術」、④「MG(バックホウ)技術」、⑤「TS・GNSS による締固め管理技術」の5つの情報化施工技術を今後5ヶ年の一般化推進技術と位置づけて更なる普及促進に取り組んできました。

更に、H28 年度からは ICT 活用工事(土工)において MC/MG(3D)の活用を加速させています。

ICT 施工技術の普及・推進に向けては、利用者が高度・高機能な技術を使いこなし、トラブルへの迅速な対応や機能の応用など、技術の持つ能力を最大限に活かすノウハウを修得することが不可欠です。

本現場対応集は、情報化施工技術の特徴を活かすノウハウの一部として、3D の MC/MG システムを基準としてこれまでの試験施工結果から、現場でのトラブル対応や工夫をとりまとめたものです。

また、「MC/MG(バックホウ)技術」については、技術の革新や機能の改良が進んでおり、本書でとりまとめた課題、課題への対応方法も適宜変わっていくことが想定されますが、本書は平成 29 年度時点の調査結果を元に、事例として整理しております。

# 目次

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1.    | 現場対応集の構成と使い方                            | 1  |
| 2.    | システム適用条件の事前調査                           | 3  |
| 2.1   | システムの選定                                 | 3  |
| 2.1.1 | 「MC (バックホウ) 技術」の種類【MC (バックホウ) 全般】       | 3  |
| 2.1.2 | 「MG (バックホウ) 技術」の種類【MG (バックホウ) 全般】       | 4  |
| 2.1.3 | 「MC/MG (バックホウ) 技術」の種類【MC/MG (バックホウ) 全般】 | 5  |
| 2.1.4 | 計測機器の選定【3DMC/MG (バックホウ)】                | 6  |
| 2.1.5 | 通信機器の選定【3DMC/MG (バックホウ)】                | 7  |
| 2.2   | システムの調達                                 | 8  |
| 2.2.1 | 必要なシステム【3DMC/MG (バックホウ) 全般】             | 8  |
| 2.2.2 | システムの調達【3DMC (バックホウ) 共通】                | 9  |
| 2.2.3 | システムの調達【3DMG (バックホウ) 共通】                | 9  |
| 2.2.4 | 他社システムとの組合せ【3DMC/MG (バックホウ) 共通】         | 9  |
| 2.2.5 | システムの利用期間【3DMC (バックホウ) 共通】              | 10 |
| 2.2.6 | システムの利用期間【3DMG (バックホウ) 共通】              | 10 |
| 3.    | 計測精度の確保                                 | 11 |
| 3.1   | システムの精度                                 | 11 |
| 3.1.1 | システムの性能【3DMC/MG (バックホウ)】                | 11 |
| 3.1.2 | 性能の証明【3DMC/MG (バックホウ)】                  | 11 |
| 3.2   | 施工の精度                                   | 12 |
| 3.2.1 | 施工時の精度確認【3DMC/MG (バックホウ)】               | 12 |
| 3.2.2 | 計測距離の制限【3DMC/MG (バックホウ)】                | 12 |
| 4.    | 3次元設計データの作成                             | 13 |
| 4.1   | データの構成                                  | 13 |
| 4.1.1 | データの種類【3DMC/MG (バックホウ)】                 | 13 |
| 4.1.2 | データ作成に必要なソフトウェア【3DMC/MG (バックホウ)】        | 14 |
| 4.2   | データの作成例                                 | 15 |
| 4.2.1 | 設計データ作成上のポイント【3DMC/MG (バックホウ)】          | 15 |
| 4.2.2 | 設計データ作成上のポイント【3DMC/MG (バックホウ)】          | 16 |
| 4.2.3 | 設計データ作成上のポイント【3DMC/MG (バックホウ)】          | 17 |
| 4.2.4 | 設計データ作成上のポイント【3DMC/MG (バックホウ)】          | 18 |
| 5.    | 機器取り付け・システム設定                           | 19 |
| 5.1   | 機器設置【3DMC/MG (バックホウ) 共通】                | 19 |
| 5.2   | キャリブレーション【3DMC/MG (バックホウ) 共通】           | 20 |
| 6.    | 施工                                      | 21 |
| 6.1   | 施工および施工管理【3DMC/MG (バックホウ) 共通】           | 21 |
| 6.1.1 | 記載内容                                    | 21 |
| 6.1.2 | 施工管理計画【3DMC/MG (バックホウ) 共通】              | 21 |
| 6.2   | 施工中のトラブル                                | 22 |
| 6.2.1 | データ作成範囲の設定ミス【3DMC/MG (バックホウ)】           | 22 |
| 6.2.2 | 計測機器設置のトラブル【3DMC/MG (バックホウ)】            | 23 |



## 1. 現場対応集の構成と使い方






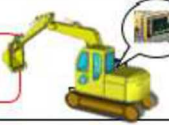
「MG(バックホウ)技術」とは、「3次元設計データ」を搭載したバックホウにより掘削・法面整形作業等を行うことで、「3次元設計データとバケット位置との標高差」等の操作支援情報をオペレータに提供して、オペレータがバックホウの全ての操作を行う技術です。

また、「MC(バックホウ)技術」とは、「3次元設計データ」を搭載したバックホウにより掘削・法面整形作業等を行うことで、「3次元設計データとバケット位置との標高差」等の操作支援情報をオペレータに提供するとともに、ブームやアーム、バケット操作の半自動制御を行う(バックホウでは、設計面より下に刃先が下がらないよう制御されます)技術です。

本技術は、従来の施工目標として設置されていた丁張りを削減し、現場作業の効率化・省人化の実現に多大な効果を発揮する技術です。しかし、本技術導入時に、最大の効果を得るためには、これまでとは違った準備作業や、運用体制を確立する必要がある等、多くのノウハウが必要となります。

本技術は施工者が利用する技術であり、発注者より本技術の利用に対して制限を受ける事項はありません。

しかし、技術提案事項などの履行確認の観点から、本技術導入時の確認が必要な事項や、出来形確保の観点から施工状況の把握を行う等、受・発注者で実施すべき事項があります。これらを踏まえ、本書では、「MC/MG(バックホウ)技術」適用時の主要5パートについて、現場調査に基づき運用上の留意点や対応例を整理しました。

| 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<br/>システム適用条件の確認</p> <p>【GNSSの場合】</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座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<br/>計測機器(TS・GNSS)の選択</p> <p>【GNSS】</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<br/>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、車載へ提供し、重機の稼働を半自動制御(MCの場合)</li> </ul>  |
| 2. 計測精度の確保   |   |   |
| <p>(1)計測精度の確認<br/>基準局の設置</p> <p>【GNSSの場合】</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、横断面)、線形計算書の貸与<br/>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<br/>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)<br/>出来形横断面形状</p> | <p>(3)3次元設計データの確認<br/>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>監督職員が3次元設計データの照査結果の確認</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<br/>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・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<br/>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>  |

本書の構成

## 2. システム適用条件の事前調査

### 2.1 システムの選定

#### 2.1.1 「MC（バックホウ）技術」の種類【MC（バックホウ）全般】

| 記号   | 事前調査 ①   |      |     |
|--|--|------|-----|
| 質問者分類                                      | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q                                       | MC(バックホウ)のシステム(測位部)を選定する際のポイントはどこですか？  |      |     |
| 回答:A                                       | <p><b>【3DMC(バックホウ)】</b></p> <p>※ MG との違い</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ MC では、刃先が設計面より下に下がらないため、オペレータの技能に関わらず過掘りを防止できる。</li> <li>・ 3DMC(バックホウ)は、主に土工の掘削や法面整形に利用されます。刃先の位置を求める計測技術としては、以下に示す高精度な計測装置が用いられています。 <ul style="list-style-type: none"> <li>※ どのシステムでも、設計データの入力方法に差はありません。</li> <li>※ どのシステムでも、機器の設置や重機側のキャリブレーション作業に差はありません。</li> </ul> </li> </ul> <p><b>【RTK-GNSS 仕様】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSS の場合は、RTK-GNSS の基準局1台に対して、複数台の移動局となるMC(バックホウ)の計測が可能です。</li> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSS の基準局は、MC(バックホウ)以外に、例えば、締固め管理、自主的な出来形・高管理に利用するローバと共有することができます(ただし、それぞれの移動局側システムは別途必要です)。</li> </ul> <div data-bbox="715 1032 1050 1182" style="text-align: center;">  <p>重機用GNSS<br/>測量機器(基準局) 重機(移動局)=1: 多のシステム<br/>高さの計測精度がTSに比べて劣る</p> </div> <p><b>【VRS 方式の RTK-GNSS の活用】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSS の方式の一つとして VRS 方式が利用できます。基準局の代わりに、携帯電話を通じて基準局相当の電波を受信する方式です(契約料と通信料がかかります)。</li> <li><input type="checkbox"/> 計測精度は RTK-GNSS と同等です。携帯電話などの電波状況により計測の可否が変化します。</li> </ul> <p><b>【自動追尾式 TS 仕様】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 自動追尾式 TS は、TS1 台につき、1 台の「MC(バックホウ)技術」の追尾・計測が可能です。</li> <li><input type="checkbox"/> TS から追尾可能な計測範囲は、自動追尾 TS から移動局となるバックホウのプリズムを遮らない範囲で、自動追尾式 TS から数百メートル程度の範囲で計測が可能です。</li> <li><input type="checkbox"/> 自動追尾式 TS では、移動の度に旋回作業を行い旋回中心を求める必要があります。自動追尾式 TS 式 MC(バックホウ)は、開発メーカーが限定されています。(H29 時点)</li> </ul> <div data-bbox="715 1585 1050 1758" style="text-align: center;">  <p>自動追尾式TS<br/>測量機器 重機=1:1のシステム<br/>高精度(高さ計測精度=±5mm程度)</p> </div> |      |     |
| <b>【補足説明】</b>                              |  |      |     |
| ※ RTK-GNSS の高さの計測値は±30mm 程度の幅で不連続に変動しています。 |  |      |     |


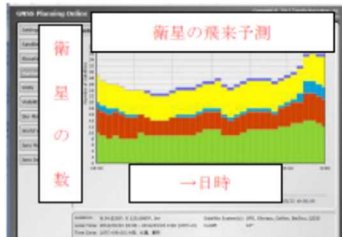
## 2.1.2 「MG（バックホウ）技術」の種類【MG（バックホウ）全般】

| 記号     | 事前調査 - ②  |
|--------|---|
| 質問者分類  | 利用者   |
| 質問種別   | 質問種別  |
| 留意点    | 留意点   |
| 質問:Q   | MG(バックホウ)のシステム(測位部)を選定する際のポイントはどこですか？   |
| 回答:A   | <p><b>【3DMG(バックホウ)】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>※ MC との違い</li> <li>・ MG では、設計と刃先との差はモニタ画面で表示されますが、操作は全てオペレータが行います。</li> <li>・ 3DMG(バックホウ)は、主に土工の掘削や法面整形に利用されます。刃先の位置を求める計測技術としては、以下に示す高精度な計測装置が用いられています。 <ul style="list-style-type: none"> <li>※ どのシステムでも、設計データの入力方法に差はありません。</li> <li>※ どのシステムでも、機器の設置や重機側のキャリブレーション作業に差はありません。</li> </ul> </li> </ul> <p><b>【RTK-GNSS 仕様】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSS の場合は、RTK-GNSS の基準局1台とレーザ基準局1台につき、複数台のMG(バックホウ)の計測が可能です。</li> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSS の基準局は、MC(バックホウ)以外に、例えば、締め管理、自主的な出来形・高管理に利用するローバと共有することができます(ただし、それぞれの移動局側システムは別途必要です)。</li> </ul> <div data-bbox="724 927 1066 1084" data-label="Image"> </div> <p><b>【VRS 方式の RTK-GNSS の活用】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSS の方式の一つとして VRS 方式が利用できます。基準局の代わりに、携帯電話を通じて基準局相当の電波を受信する方式です(契約料と通信料がかかります)。</li> <li><input type="checkbox"/> 計測精度は RTK-GNSS と同等です。携帯電話などの電波状況により計測の可否が変化します。</li> </ul> <p><b>【自動追尾式 TS 仕様】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 自動追尾式 TS は、TS1 台につき、1 台の「MG(バックホウ)技術」の追尾・計測が可能です。</li> <li><input type="checkbox"/> TS から追尾可能な計測範囲は、自動追尾 TS から移動局となるバックホウのプリズムを遮らない範囲で、自動追尾式 TS から数百メートル程度の範囲で計測が可能です。</li> <li><input type="checkbox"/> 自動追尾式 TS では、移動の度に旋回作業を行い旋回中心を求める必要があります。自動追尾式 TS 式 MG(バックホウ)は開発メーカーが限定されています。(H29 時点)</li> </ul> <div data-bbox="724 1491 1066 1662" data-label="Image"> </div> <p><b>【簡易な自動追尾式 TS 仕様】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 小規模工事では、自動追尾式 TS と出来形管理用の端末を組合せ、プリズムをバケットに設置し、端末をオペレータ席に設置する 3DMG(バックホウ)も利用可能です。</li> </ul> |
| 【補足説明】 | <ul style="list-style-type: none"> <li>※ RTK-GNSS の高さの計測値は±30mm 程度の幅で不連続に変動しています。</li> <li>※ MG(バックホウ)の導入は施工精度の向上や安定と同意ではありません。MG(バックホウ)はこれを支援する技術ですので、適切に利用することや仕上がりに対する確認は必須の項目です。</li> </ul>   |

### 2.1.3 「MC/MG（バックホウ）技術」の種類【MC/MG（バックホウ）全般】

| 記号      | 事前調査 ー ③   |   |     |    |         |         |       |   |   |         |   |  |     |   |   |         |                        |            |      |  |   |      |  |   |
|---------|--|---|-----|----|---------|---------|-------|---|---|---------|---|--|-----|---|---|---------|------------------------|------------|------|--|---|------|--|---|
| 質問者分類   | 利用者  | 質問種別  | 留意点 |    |         |         |       |   |   |         |   |  |     |   |   |         |                        |            |      |  |   |      |  |   |
| 質問:Q    | MC(バックホウ)のシステムで2Dと3Dの違いはどこですか？   |   |     |    |         |         |       |   |   |         |   |  |     |   |   |         |                        |            |      |  |   |      |  |   |
| 回答:A    | <p>3Dと2Dの違いを以下に整理しました。また、補足説明として活用例を記載しています。</p> <p><b>【2Dシステムの特徴】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2DMC(バックホウ)は、設計データとして登録できるのは2次元の形状のみで、多くの場合は、ブームやアームの作業方向の2次元形状を登録できます。</li> <li>・使用にあたっては、施工開始位置(杭など)の指示が必要で、施工開始位置からの設計形状を入力すると、この「設計形状に対するバケット位置との差分」をオペレータに操作支援情報として提供するものです。</li> <li>・計測機器は3Dのバックホウと同様にブーム・アーム・バケット・本体の傾斜を計測して利用します。</li> </ul> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">項目</th> <th style="width: 40%;">3Dバックホウ</th> <th style="width: 40%;">2Dバックホウ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>設計データ</td> <td>3次元設計データを作成します<br/></td> <td>2次元的な形状を作成します。<br/></td> </tr> <tr> <td>システムの特徴</td> <td>3次元設計データに基づいた施工となるため、複雑な形状にも対応可能です。また、対面施工以外でもどの位置でも設計との差が表示されます。<br/></td> <td>相対的な設計形状は搭載していますが、位置と向きを別途指定する作業が必要となります。<br/><br/>高さや勾配のみを示すシステムであるため、横断形状に沿った方向で作業することが必要です。</td> </tr> <tr> <td>丁張り</td> <td>オペレータが位置情報をモニターで把握できるため、全体的に丁張りの設置数を減少させることができます。</td> <td>横断面変化点と切り出し位置では丁張りが必要です。<br/>丁張りの延長や、既設構造物等の目安がある箇所では丁張りを削減できます。</td> </tr> <tr> <td>位置情報の取得</td> <td>GNSS、TSを用いて3次元座標を取得します</td> <td>3次元座標は不要です</td> </tr> <tr> <td>適用場所</td> <td>複雑な地形での掘削や道路等の大規模土工に適している<br/></td> <td>目安になる線や高さが既存の場合に効果的。<br/></td> </tr> <tr> <td>モニター</td> <td>平面・側面・バケット正面・座標など複数の表示が可能<br/></td> <td>1方向(側面)のみの表示<br/></td> </tr> </tbody> </table> <p><b>【補足説明】</b></p> <p>※RTK-GNSSの受信状況が不安定な場所などでは、衛星の受信状況が良好な時間帯に3Dガイダンスシステムで掘削開始位置に目安(目印として50cm程度の掘削)を設置し、衛星の受信状況が不安定な時間帯は、設置した目安から2Dガイダンスシステムとして活用すると効果的に利用できます。</p> <p>※TS出来形システムやRTK-GNSSのローバシステム等を用いて、掘削の基準線・点を設置(マーキング)し、その後2Dガイダンスで作業を行う方法もあります。</p> |   |     | 項目 | 3Dバックホウ | 2Dバックホウ | 設計データ | 3次元設計データを作成します<br> | 2次元的な形状を作成します。<br> | システムの特徴 | 3次元設計データに基づいた施工となるため、複雑な形状にも対応可能です。また、対面施工以外でもどの位置でも設計との差が表示されます。<br> | 相対的な設計形状は搭載していますが、位置と向きを別途指定する作業が必要となります。<br><br>高さや勾配のみを示すシステムであるため、横断形状に沿った方向で作業することが必要です。 | 丁張り | オペレータが位置情報をモニターで把握できるため、全体的に丁張りの設置数を減少させることができます。 | 横断面変化点と切り出し位置では丁張りが必要です。<br>丁張りの延長や、既設構造物等の目安がある箇所では丁張りを削減できます。 | 位置情報の取得 | GNSS、TSを用いて3次元座標を取得します | 3次元座標は不要です | 適用場所 | 複雑な地形での掘削や道路等の大規模土工に適している<br> | 目安になる線や高さが既存の場合に効果的。<br> | モニター | 平面・側面・バケット正面・座標など複数の表示が可能<br> | 1方向(側面)のみの表示<br> |
| 項目      | 3Dバックホウ  | 2Dバックホウ   |     |    |         |         |       |   |   |         |   |  |     |   |   |         |                        |            |      |  |   |      |  |   |
| 設計データ   | 3次元設計データを作成します<br>  | 2次元的な形状を作成します。<br>         |     |    |         |         |       |   |   |         |   |  |     |   |   |         |                        |            |      |  |   |      |  |   |
| システムの特徴 | 3次元設計データに基づいた施工となるため、複雑な形状にも対応可能です。また、対面施工以外でもどの位置でも設計との差が表示されます。<br>  | 相対的な設計形状は搭載していますが、位置と向きを別途指定する作業が必要となります。<br><br>高さや勾配のみを示すシステムであるため、横断形状に沿った方向で作業することが必要です。                  |     |    |         |         |       |   |   |         |   |  |     |   |   |         |                        |            |      |  |   |      |  |   |
| 丁張り     | オペレータが位置情報をモニターで把握できるため、全体的に丁張りの設置数を減少させることができます。  | 横断面変化点と切り出し位置では丁張りが必要です。<br>丁張りの延長や、既設構造物等の目安がある箇所では丁張りを削減できます。   |     |    |         |         |       |   |   |         |   |  |     |   |   |         |                        |            |      |  |   |      |  |   |
| 位置情報の取得 | GNSS、TSを用いて3次元座標を取得します   | 3次元座標は不要です  |     |    |         |         |       |   |   |         |   |  |     |   |   |         |                        |            |      |  |   |      |  |   |
| 適用場所    | 複雑な地形での掘削や道路等の大規模土工に適している<br>   | 目安になる線や高さが既存の場合に効果的。<br> |     |    |         |         |       |   |   |         |   |  |     |   |   |         |                        |            |      |  |   |      |  |   |
| モニター    | 平面・側面・バケット正面・座標など複数の表示が可能<br>   | 1方向(側面)のみの表示<br>         |     |    |         |         |       |   |   |         |   |  |     |   |   |         |                        |            |      |  |   |      |  |   |

### 2.1.4 計測機器の選定【3DMC/MG（バックホウ）】

| 記号   | 事前調査 ②   | 質問者分類 | 利用者  | 質問種別 |  | 留意点 |  |
|------|--|-------|--|------|--|-----|--|
| 質問:Q | 自動追尾式 TS や RTK-GNSS が適用できない現場条件はありますか？   |       |  |      |  |     |  |
| 回答:A | <p>①自動追尾式 TS の適用が難しい現場条件について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自動追尾式 TS では、TS 本体から発信するレーザーが MC/MG バックホウに設置したプリズムによって反射する光を検知して追尾しています。したがって、レーザーが遮断される状況が発生すると自動追尾による計測ができなくなります。</li> <li>・また、自動追尾式 TS は精密機器で、自己位置からの向きや角度から対象物の位置を算出しています。したがって、TS 本体が揺れたり傾いたりする場所では正確な計測ができません。</li> </ul> <p><b>【レーザーが遮断される条件】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 激しい降雨や降雪、濃霧 (TS から発信するレーザー光が拡散してしまう)。</li> <li><input type="checkbox"/> ダンプ等が通行し、レーザーを遮断する。</li> </ul> <p><b>【TS の正確な計測ができない条件】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 軟弱地盤上等で、重機の通行や作業の影響により TS 設置箇所が揺れる場所、あるいは変形する場所。</li> <li><input type="checkbox"/> 橋梁の梁上などの揺れがある場所。</li> <li><input type="checkbox"/> 凍上などで利用する基準点に変位が起こる場所。</li> </ul> <p>②RTK-GNSS の適用が難しい現場条件について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・RTK-GNSS は、測位衛星からの電波と地上の基準局からの電波を受信することで高精度な測位を行います。したがって、測位衛星からの電波および地上の基準局からの電波が受信できない場合には高精度な測位ができなくなります。また、RTK-GNSS では、移動局および基準局で同時に5つ以上の測位衛星を必要とします。</li> </ul> <p><b>【測位衛星からの電波が遮断される条件】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 移動局および基準局の上空が開けていない、山間地の谷間、高層ビル街(測位衛星が安定して5個以上補足できない。連続した計測ができない)。</li> <li><input type="checkbox"/> 衛星が5個以上補足できているが、測位衛星の配置が悪い(例えば、北側に山やビルなどがあり、全ての衛星が南側に偏っている)。</li> <li><input type="checkbox"/> 周辺に電波を反射する高い壁等がある(衛星の電波が反射され、計測が不安定)。</li> </ul> <p><b>【基準局からの電波が遮断される条件】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 違法無線などの高出力な無線が発信されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 類似のシステムなどで、同周波数帯の無線が多数利用されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 高压電線や変電所周辺。</li> <li><input type="checkbox"/> 障害物などで無線通信が遮断されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 空港や航空基地周辺。</li> </ul> |       |  |      |  |     |  |
|      | <p><b>【留意点】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 無線の状況を分析する方法もありますが、上記のような無線は時間帯などによって大きく変化します。また、無線は目に見えないため、実際に工事を想定している時間帯に利用する無線機を活用して通信状況の確認を行うことをお勧めします。</li> <li>※ 衛星の飛来予測は下記のホームページから確認することもできます(現場の代表的な位置座標と天空の状況を入力します)。<a href="http://www.trimble.com/GNSSPlanningOnline/">http://www.trimble.com/GNSSPlanningOnline/</a> (※左記は H26.3 時点の民間サービスです。)</li> </ul>   |       |  |      |  |     |  |
|      |  <p>場所の指定</p>   |       |  <p>衛星の飛来予測</p> <p>衛星の数</p> <p>一日時</p> |      |  |     |  |

## 2.1.5 通信機器の選定【3DMC/MG（バックホウ）】

|       |  |      |     |
|-------|--|------|-----|
| 記号    | 事前調査 - ③   |      |     |
| 質問者分類 | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q  | 3DMC/MG(バックホウ)システムが上手く稼働しない条件はありますか？   |      |     |
| 回答:A  | <p>・ 3DMC/MG(バックホウ)では、RTK-GNSS からバックホウの間、自動追尾 TS からバックホウの間で無線通信しています。無線通信が混信や通信障害をおこす場合は、測位ができないためシステムが適切に稼働できません。</p> <p>・ 3DMC/MG(バックホウ)とバックホウの通信は、免許や申請の不要な、特定省電力無線が多く利用されています。本無線は、通信障害の無い場所では <b>1km</b> 程度(カタログ値などでは <b>2km</b> 以上の場合もありますがかなりの好条件に限定されます)の通信が可能です。無線の出力が小さいため、周辺環境の影響を受けやすく周辺環境の調査が重要です。</p> <p><b>【無線通信の障害が発生しやすい、あるいは無線通信の発生要因】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 違法無線などの高出力な無線が発信されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 類似のシステムなどで、同周波数帯の無線が多数利用されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 高压電線や変電所周辺。</li> <li><input type="checkbox"/> 障害物などで無線通信が遮断されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 空港や航空基地周辺。</li> </ul> <p><b>【通信障害の確認方法】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 無線の状況を分析する方法もありますが、上記のような無線は時間帯などによって大きく変化します。また、無線は目に見えないため、実際に工事を想定している時間帯に使用する無線機を活用して通信状況の確認を行うことをお奨めします。</li> </ul> <p><b>【対応例】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 無線通信障害が多い場所では、免許や申請が必要な高出力な無線を利用する。</li> <li>※ 無線通信は、距離は離れると急激に出力が減衰します。RTK-GNSS 基準局とバックホウ、TS とバックホウの距離を短くすることで対応できる場合もあります。</li> </ul> |      |     |
|       | <p><b>【留意点】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 利用する無線の通信可能距離について、システムの調達段階でメーカーなどに良く確認しておきましょう。</li> <li>※ また、可能な場合は、無線通信の状況を事前に確認しておくことをお奨めします。</li> <li>※ RTK-GNSS の受信状況が不安定な場所などでは、衛星の受信状況が良好な時間帯に 3D システムで掘削開始位置に目安(目印として <b>50cm</b> 程度の掘削)を設置し、衛星の受信状況が不安定な時間帯は、設置した目安から 2D システムとして活用すると効果的に利用できる場合もあります。</li> </ul>   |      |     |

## 2.2 システムの調達

### 2.2.1 必要なシステム【3DMC/MG（バックホウ）全般】

|       |   |      |      |
|-------|---|------|------|
| 記号    | 調達  | —    | ①    |
| 質問者分類 | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q  | 「3DMC/MG(バックホウ)技術」システムに必要な機器構成を教えてください。   |      |      |
| 回答:A  | <p>【3DMC/MG(バックホウ)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自動追尾式 TS を利用する場合と RTK-GNSS を使う場合で、基準局側の構成はやや異なりますが、移動局側の構成は GNSS アンテナとプリズムの違い以外に大きな違いはありません。</li> </ul> <p>【MC/MG システムの機器構成例】</p> <p>3DMC/MG(バックホウ)</p> <p>※ TSで、計測したデータを「②座標保管用パソコン」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。</p> <p>【システムの供給メーカーについて】</p> <p>平成 29 年度現在、3DMC/MG(バックホウ)システムとして、市販・レンタルされているシステムは、コマツ、キャタピラー、日立建機、コベルコといった建設機械メーカーの他に、トプコン、ニコン・トリンプル、ライカ等の計測機器メーカーが開発しています。</p> <p>システムの開発状況は平成 29 年度時点です。今後、新機種や開発メーカー等も増えていくと想定されます。</p> <p>この他、簡易なシステムとして出来形管理で利用するシステムを応用したシステムも市販あるいはレンタルされており、小規模工事で短期間の利用に限定される場合は検討をお勧めします。</p> <p>(例:E三・S(カナモト)、快速ナビ(建設システム))</p> |      |      |



### 2.2.2 システムの調達【3DMC（バックホウ）共通】

|   |   |      |      |
|---|---|------|------|
| 記号  | 調達  | －    | ④    |
| 質問者分類   | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q  | システムと重機を別々に調達しても問題ありませんか？   |      |      |
| 回答:A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 3DMC(バックホウ)は、センサが本体に内蔵されているものとされていないものがあり、メーカーや機種によって調達方法が異なります。</li> <li>・ 3DMC 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。</li> <li>・ 重機とシステムを別々に調達する場合、以下の留意点があります。 <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 各種プリズムやアンテナを装着するマストやセンサ類などを重機に装着する必要があるため、これらの装置を取り付けるための治具(台座)を溶接する必要があります。</li> </ul> </li> </ul> |      |      |
| <p><b>【留意点】</b></p> <p>※センサおよびセンサを取り付ける治具は、重機の振動などに十分耐えられるように設置することが必要です。</p> <p>※特に、掘削中に岩の発生が予想される場合などはフレーム部等の頑丈な箇所にセンサや治具を設置する必要があります。ただし、フレームに溶接などを行う場合は、重機本体の強度などにも影響が出る恐れがありますので、建機メーカー等にも相談することをお奨めします。</p> |   |      |      |

### 2.2.3 システムの調達【3DMG（バックホウ）共通】

|   |   |      |      |
|---|---|------|------|
| 記号  | 調達  | －    | ⑤    |
| 質問者分類   | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q  | システムと重機を別々に調達しても問題ありませんか？   |      |      |
| 回答:A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 3DMG(バックホウ)は、センサを重機に後付けすることが可能なシステムですので、重機とシステムを別々に調達することも可能です。ただし、以下の留意点があります。 <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 各種プリズムやアンテナを装着するマストやセンサ類などを重機に装着する必要があるため、これらの装置を取り付けるための治具(台座)を溶接する必要があります。</li> </ul> </li> </ul> |      |      |
| <p><b>【留意点】</b></p> <p>※センサおよびセンサを取り付ける治具は、重機の振動などに十分耐えられるように設置することが必要です。</p> <p>※特に、掘削中に岩の発生が予想される場合などはフレーム部等の頑丈な箇所にセンサや治具を設置する必要があります。ただし、フレームに溶接などを行う場合は、重機本体の強度などにも影響が出る恐れがありますので、建機メーカー等にも相談することをお奨めします。</p> |   |      |      |

### 2.2.4 他社システムとの組合せ【3DMC/MG（バックホウ）共通】

|   |  |      |      |
|---|--|------|------|
| 記号  | 調達   | －    | ⑥    |
| 質問者分類   | 利用者  | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q  | 他社システムとの組み合わせは可能ですか？   |      |      |
| 回答:A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ センサの性能、モニタ表示のわかりやすさなど開発各社の技術開発競争が進められており、現状では、他社システムとの組み合わせは補償されていません。</li> <li>・ センサを設置するための治具やマストなどは転用が可能な場合もありますが、ガタの発生やトラブルの原因になりやすいので注意が必要です。</li> </ul> |      |      |
| <p><b>【留意点】</b></p> <p>・ 同一メーカーのシステムでも、バージョンなどによってシステム間に互換性が無い場合もありますので、システム提供メーカーに確認することをお奨めします。</p> |  |      |      |

### 2.2.5 システムの利用期間【3DMC（バックホウ）共通】

| 記号   | 調達   | —    | ⑦   |
|--|--|------|-----|
| 質問者分類  | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q   | システムの導入までの準備期間はどの程度ですか   |      |     |
| 回答:A   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ システムに必要なセンサ類などを装着する治具が設置されていない場合は、溶接作業等が必要です。</li> <li>・ 上記の準備が済み、MCシステムの手配が完了すれば、MCシステムに対応したバックホウにシステムを装着に要する時間は、1～2日程度で設置可能です(トラブルや不具合の発生が無い場合)。</li> <li>・ データの搭載や試運転調整、操作の慣れを考慮すると、準備期間として3～4日程度の余裕を見込んでおくことをお奨めします。</li> </ul> |      |     |
| <b>【留意点】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ システムの試運転などを行うために、事前に試運転用の設計データを準備しておくことをお奨めします。</li> </ul> |  |      |     |

### 2.2.6 システムの利用期間【3DMG（バックホウ）共通】

| 記号   | 調達   | —    | ⑧   |
|--|--|------|-----|
| 質問者分類  | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q   | システムの導入までの準備期間はどの程度ですか   |      |     |
| 回答:A   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ システムに必要なセンサ類などを装着する治具が設置されていない場合は、溶接作業等が必要です。</li> <li>・ 上記の準備が済み、MGシステムの手配が完了すれば、MGシステムに対応したバックホウにシステムを装着に要する時間は、1～2日程度で設置可能です(トラブルや不具合の発生が無い場合)。</li> <li>・ データの搭載や試運転調整、操作の慣れを考慮すると、準備期間として3～4日程度の余裕を見込んでおくことをお奨めします。</li> </ul> |      |     |
| <b>【留意点】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ システムの試運転などを行うために、事前に試運転用の設計データを準備しておくことをお奨めします。</li> </ul> |  |      |     |

### 3. 計測精度の確保

#### 3.1 システムの精度

##### 3.1.1 システムの性能【3DMC/MG (バックホウ)】

|              |   |      |      |
|--------------|---|------|------|
| 記号           | 精度確保 - ①  |      |      |
| 質問者分類        | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q         | 利用する測位システムで、どの程度の施工精度が確保できますか？  |      |      |
| 回答:A         | <p>・ 3DMC/MG (バックホウ)は、測位技術の計測結果に基づいて制御を実施しており、測位技術の精度以上の施工精度は実現しません。要求精度に応じた測位技術の選定が重要です。</p> <p><b>【施工精度からの測位技術の選定ポイント】</b></p> <p>①RTK-GNSSを用いる場合の精度について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 垂直方向精度は±30～50mm程度とされています。RTK-GNSSでは、衛星数が増えることで測位の安定性向上が期待できますが、精度が向上する訳ではありません。</li> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSSでは、利用する衛星の配置状況によっても測位の安定性は変化します(衛星の配置状況を確認する指標にDOP値があります。DOP値は小さい方が衛星の配置が良い状態を指します)。</li> </ul> <p>②自動追尾TSを用いる場合の精度について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> TS本体の計測精度(測角精度は2秒～10秒程度が多い)</li> <li><input type="checkbox"/> TSの場合は、計測距離の増加にともない計測誤差が大きくなることに注意。</li> <li><input type="checkbox"/> MC/MG施工で、平面的な位置以上に高さの精度に注意が必要。</li> </ul> <div style="text-align: center;"> <p>角度精度と高さ精度の関係</p> </div> |      |      |
| <b>【留意点】</b> | 利用する測位技術が要求する施工精度に十分か吟味して選定してください。  |      |      |

##### 3.1.2 性能の証明【3DMC/MG (バックホウ)】

|              |  |      |     |
|--------------|--|------|-----|
| 記号           | 精度確保 - ②   |      |     |
| 質問者分類        | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q         | MC/MGの利用にあたって、システムの精度を証明する資料等の提出は必要ですか？  |      |     |
| 回答:A         | <p>・ MC/MG (バックホウ)の活用においては、計測機器に関する公的な校正証明書や検定証を添付する必要はありません。</p> <p>・ ただし、MC/MG (バックホウ)では、測位技術の精度、傾斜計などのセンサ精度、機械のがたつきやブレードの摩耗や損耗などが施工誤差の要因となります。利用機器単体の精度に加えて、トータルでの精度を確保する方法を計画し、施工精度を確認することをお奨めします。(3.2.1 参照)</p> <p><b>【精度管理例】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 作業前に現場に設置している基準点を用いてクロスチェックを行う</li> <li><input type="checkbox"/> 施工前に、従来手法で設置した丁張りとの比較検証を行う</li> <li><input type="checkbox"/> 施工中、あるいは施工後にTS等を用いて適宜検測を行う 等</li> </ul> |      |     |
| <b>【留意点】</b> | 出来高部分払いで施工履歴を利用する場合は、精度確認結果を提出することが必要です。   |      |     |

### 3.2 施工の精度

#### 3.2.1 施工時の精度確認【3DMC/MG (バックホウ)】

| 記号    | 精度確保 - ③   |      |     |
|-------|--|------|-----|
| 質問者分類 | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q  | 3DMC/MG(バックホウ)の精度を確認する簡単な方法はありませんか？  |      |     |
| 回答:A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 3DMC/MG(バックホウ)の活用においては、始業前などに既存の丁張りや検測用の基準点を設けて確認します(確認例①)。</li> <li>・ オペレータモニタ上に表示される刃先の座標データと同位置で取得した TS での計測結果を比較する方法などがあります(確認例②)。</li> </ul> <p><b>確認例①</b></p> <p><input type="checkbox"/> 基準点でチェックする。</p>  <p><b>確認例②</b></p> <p><input type="checkbox"/> TS でチェックする。</p>  |      |     |

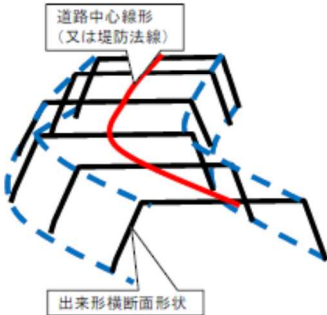
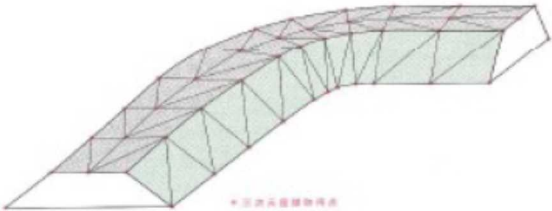
#### 3.2.2 計測距離の制限【3DMC/MG (バックホウ)】

| 記号    | 精度確保 - ④  |      |     |
|-------|---|------|-----|
| 質問者分類 | 利用者   | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q  | 3DMC/MG(バックホウ)の利用にあたって、TSの計測距離に制限はありますか？  |      |     |
| 回答:A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 3DMC/MG(バックホウ)の活用において、計測距離の制限はありません。ただし、施工結果の精度については、MC/MGの導入とは関係なく施工管理を実施して精度を確認してください。</li> </ul> <p><b>【留意点】</b></p> <p>3DMC/MG(バックホウ)の導入による施工結果の精度確認(施工管理)の頻度低減などは関係ありません。施工管理に TS を用いた出来形管理も利用することが可能です。</p> <p>ICT 活用工事(土工)では、UAV を用いた写真測量や地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理(面的管理)も適用できます。</p> |      |     |

#### 4. 3次元設計データの作成

##### 4.1 データの構成

###### 4.1.1 データの種類【3DMC/MG (バックホウ)】

|   |  |      |      |
|---|--|------|------|
| 記号  | データ作成 - ①  |      |      |
| 質問者分類   | 利用者  | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q  | 3次元設計データには、路線ファイル、TINファイルがありますが、これらの違いを教えてください。  |      |      |
| 回答:A  | <p>・「路線ファイル」は中心線と横断形状の組み合わせで表現した形状です。</p> <p>・駐車場、広場、飛行場等の面的な形に対する施工管理が求められる舗装工事では、線形情報ではなく、高さや水勾配のコントロールポイントを抽出して作成するTINファイルを利用することが有利な場合があります。</p> <p><b>【路線ファイル、TINファイルのイメージ】</b></p> <p><input type="checkbox"/> 路線ファイルイメージ</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p><input type="checkbox"/> TINファイルイメージ</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>※ 出典：情報化施工の実務(一般社団法人 日本建設機械施工協会)</p> |      |      |
| <b>【補足説明】</b>   |  |      |      |
| <p>TSによる出来形管理にて作成した基本設計データのMC/MG技術での使用について</p> <p>※ TSによる出来形管理にて作成した基本設計データをそのままMC/MG技術で用いることはできないが、メーカーによってはデータ変換により可能となる場合があります。詳細は、TSを用いた出来形ソフトウェアおよびMG用設計データ作成(あるいは変換)ソフトウェアの読み込み可能ファイルを参照してください。</p> |  |      |      |

#### 4.1.2 データ作成に必要なソフトウェア【3DMC/MG（バックホウ）】

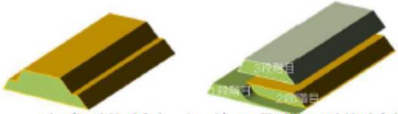

|       |   |      |      |
|-------|---|------|------|
| 記号    | データ作成 ③   |      |      |
| 質問者分類 | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q  | 3DMC/MG(バックホウ)用のデータ作成に必要なソフトウェアを教えてください。専用のソフトウェアが必要ですか？  |      |      |
| 回答:A  | <p>・現状では、各社のシステムで最終的に読み込むデータフォーマットが異なっており、MC/MG システムに付属するソフトウェア上で専用のデータに変換して利用しています。</p> <p>・また、3次元座標データ、3D面データにおいても、出力・入力可能なフォーマットが個別にあるので、専用のソフトウェア以外を利用する場合でも互いの互換性を確認しておく必要があります。</p> <p><b>【MC/MG用のデータ作成の流れの例】</b></p> <p>・現状は、2次元の設計図面から必要なデータを抽出し、3DCADや測量計算ソフトで3次元座標を算出した後にMC/MG用の付属ソフトウェアにデータを移してMC/MG用データとする場合や路線データからMC/MG用の付属ソフトウェアでデータを作成します。</p> <p>・他にも、汎用の2DCADから平面座標と高さを個別に算出して、MC/MG用の付属ソフトウェアに入力する方法等もあります。</p> <div style="text-align: center;"> </div> |      |      |
| 【留意点】 | <p>※ 各社のシステム(付属ソフトウェアを含む)については、市場のニーズによる技術改良が日進月歩で実施されており、詳細については利用するシステムメーカーに確認してください。</p>   |      |      |

## 4.2 データの作成例

### 4.2.1 設計データ作成上のポイント【3DMC/MG（バックホウ）】

|              |  |      |     |
|--------------|--|------|-----|
| 記号           | データ作成 ④  |      |     |
| 質問者分類        | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q         | 3DMC/MG(バックホウ)で施工を行う場合に、3次元設計データ作成上の留意点はありますか？   |      |     |
| 回答:A         | <p>・設計データの作成方法は、施工者の任意ですが、実際の施工では、施工箇所によって地山とのすり付け位置が変わることが発生するため、3次元設計データは設計法長よりも数 m 程度大きめに作成することをお奨めします。(下図参照)</p> <p><b>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ガイダンスしないこともありますので、法面等の横断形状は大きめに作成してください。</b></p> <p><b>【解説】</b><br/>バックホウの刃先と設計面との差異が算出できるように、設計上の法面よりも大きめに作成する。</p> <p>横断図</p> <p>横断形状を現況地盤まで作成した場合<br/>バケットの刃先位置と対応する設計値が不明<br/>設計差 ??<br/>ガイダンス画面</p> <p>横断形状を現況地盤より大きめに作成した場合<br/>バケットの刃先位置と対応する設計値が存在<br/>設計差:5cm<br/>ガイダンス画面</p> |      |     |
| <b>【留意点】</b> | 設計の端部については、直線的に自動補間する機能を有する 3DMC/MG システムもあります。各社の仕様によってデータ作成範囲の拡張が必要かどうか確認してください。  |      |     |

#### 4.2.2 設計データ作成上のポイント【3DMC/MG (バックハウ)】

|       |   |      |     |
|-------|---|------|-----|
| 記号    | データ作成 - ④   |      |     |
| 質問者分類 | 利用者   | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q  | TS 出来形で作成した3次元設計データも活用が可能ですか？   |      |     |
| 回答:A  | <p>・ 3次元設計データには、出来形の検査を対象とした形状と施工途中の丁張りを代替する形状があります。TS 出来形は前者の形状を対象としているのに対し、MC/MG では多くの場合後者のデータが用いられています。</p> <p>・ MC/MG の 3次元設計データと TS 出来形で作成する形状が同じ場合はそのまま利用できる場合もあります。</p> <div style="text-align: center;">  <p>完成形状(左) と 施工段階の形状(右)</p> </div> <p>・ TS 出来形ソフトを利用して MC/MG 用の設計データを作成することが可能かどうかについて、TS 出来形の設計データ作成ソフトのメーカーにお問い合わせをお勧めします。</p> <div style="text-align: center;">  <p>MC/MG 向けのデータ出力が可能<br/>※曲線部は密な断面ピッチを指定して出力することで滑らかな曲線に近い形状が出力できる。<br/>出力可能なフォーマットと読み込み可能なフォーマットについて、TS 出来形ソフトを MC/MG 機器メーカーに照会合わせてください。同一形式でも互換性がない場合もあります。</p> </div> <p>・利用できる場合でも、TS 出来形のデータだけでは不十分な場合も多いので注意してください。注意すべきパターン。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ TS 出来形では、作成する断面が横断面のある位置だけとなります。このまま MC/MG 用の設計データを出力すると、曲線部が直線で表現されてしまうことがあります。出力時に断面の補間(自動的に作成できることが多いです)を利用し、滑らかな設計になるように留意してください。(右上図)</li> <div style="text-align: center;">  <p>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。</p> <p>※曲線部は密な断面ピッチを指定して出力することで滑らかな曲線に近い形状が出力できる。</p> <p>分割機能があるソフトウェアもあります。</p> </div> <li>□ TS 出来形ソフトでは線形に直交する向きに法面を構築します。各幅部や法面の向きが変化する場合は編集で修正してください。(右下図)</li> <div style="text-align: center;">  <p>要注意</p> <p>実際の形</p> <p>間違い</p> <p>正しい</p> </div> </ul> <p>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直線として抽出します。3DCADやTS出来形などの線形情報と横断面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。</p> |      |     |
| 【留意点】 | .   |      |     |



#### 4.2.3 設計データ作成上のポイント【3DMC/MG (バックホウ)】

|       |   |      |     |
|-------|---|------|-----|
| 記号    | データ作成 - ④   |      |     |
| 質問者分類 | 利用者   | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q  | 現場あわせの作業で3次元設計データ無しに利用できませんか？   |      |     |
| 回答:A  | <p>・MC/MGは、単純な形状(基準線と片勾配)程度であれば、現場でのデータ作成も可能です。</p> <p>【測量データが全く無い場合】</p> <p>・現場ですり付けたい始点と終点に移動して座標計測と登録を行い、直線区間の左右に勾配を設定することで平面の設計データを作成することができます。</p> |      |     |
| 【留意点】 | .   |      |     |

#### 4.2.4 設計データ作成上のポイント【3DMC/MG（バックホウ）】

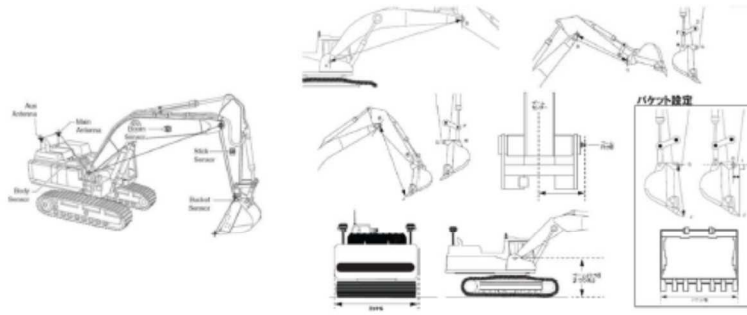
| 記号    | データ作成 ④   | 質問者分類 | 利用者 | 質問種別 |  | 留意点 |  |
|-------|---|-------|-----|------|--|-----|--|
| 質問:Q  | データ作成に関して、3次元設計データ作成前に発注者と協議しておく項目はありますか。   |       |     |      |  |     |  |
| 回答:A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・MC/MG バックホウで掘削・整形する形状のうち、横断面として明記されていない変化点については、発注者と積極的に協議を行い明確な位置を確定させておくことが円滑な施工、施工管理、監督・検査には不可欠です。</li> <li>・発注図では下図の水色部分の情報しか明確になっていない場合があります。MC/MG バックホウに必要な3次元設計データを作成するには、黒色の部分の点、線および黒点線部分の横断面などが必要となります。これらについて、必要な変化点については発注者からの提供や協議で確定しておくことをお奨めします。</li> </ul> |       |     |      |  |     |  |
|       |   |       |     |      |  |     |  |
| 【留意点】 | .   |       |     |      |  |     |  |

5. 機器取り付け・システム設定

5.1 機器設置【3DMC/MG (バックホウ) 共通】

|               |   |      |      |
|---------------|---|------|------|
| 記号            | 機器設置 - ①  |      |      |
| 質問者分類         | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q          | 建設機械への機器の取付け方を教えてください。  |      |      |
| 回答:A          | <p>・まず、MC/MG(バックホウ)の構成機器を建設機械に取付けます。その後、建設機械の機種やセンサ類の設置位置(マストの高さや機械幅等)を入力し、最後にセンサのキャリブレーションと油圧制御の調整を行います。</p> <p>・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、機械の種類や機械の幅等の初期値の入力が実施済みの場合が多いです。</p> <p><b>【機器取付の内容】</b></p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p><b>機器取付の流れ</b></p> <pre> graph TD     A[工場等での事前取付] --&gt; B[現場での取付]             </pre> </div> <div> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ バケット・ブーム・アームを制御するバルブ</li> <li>・ センサ類</li> <li>・ 各機器を接続するケーブル</li> <li>・ コントロールボックスはボ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)</li> </ul> <p><b>【車内への機器取付け】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 車載PC(コントロールボックス)</li> <li>※ケーブルでバルブ、センサ類と接続する</li> <li>・ 無線受信器</li> <li>※ケーブルで車載PCと接続する</li> </ul> <p><b>【車外への機器取付け】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 全周プリズム(ボール付き)(TSの場合)</li> <li>・ GNSSアンテナ(GNSSの場合)</li> </ul> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> </div> <p>※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ます。</p> |      |      |
| <b>【補足説明】</b> | <p>※ 実施手順については、各メーカーのマニュアルを参照してください。</p>  |      |      |

## 5.2 キャリブレーション【3DMC/MG（バックホウ）共通】

|               |   |      |      |
|---------------|---|------|------|
| 記号            | 機器設置 ー ②  |      |      |
| 質問者分類         | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q          | <p>施工中にセンサが緩んでいたため締め直したため、再度キャリブレーションを行いたいのですが、キャリブレーションの流れを教えてください。</p>  |      |      |
| 回答:A          | <p>・まず建設機械の寸法、センサの取り付け位置等を測定します。その後、各センサの設定を実施し、測定した寸法などの必要な情報を車載 PC へ入力し、最後にモニタ上の表示値が、別途計測した値と一致するかを確認します。</p> <p><b>【キャリブレーションの内容】</b></p> <p><b>キャリブレーションの流れ</b></p> <pre> graph TD     A[建設機械の寸法測定] --&gt; B[車載PCの設定]     </pre> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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）</li> <li><b>【マシン設定】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> </ul> </li> <li><b>【センサ設定】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> </ul> </li> </ul>  <p>図はシステムの入力用パラメータの計測・入力項目例</p> |      |      |
| <b>【補足説明】</b> | <p>※ 実施手順については、各メーカーのマニュアルを参照してください。</p>  |      |      |

## 6. 施工

### 6.1 施工および施工管理【3DMC/MG（バックホウ）共通】

#### 6.1.1 記載内容

|   |   |      |     |
|---|---|------|-----|
| 記号  | 計画 ①  |      |     |
| 質問者分類   | 利用者   | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q  | 「MC/MG(バックホウ)技術」を用いて施工することを技術提案に盛り込んでおり、MC/MG 施工を施工計画書に記載したいと考えています。どの程度の記載が必要ですか。  |      |     |
| 回答:A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 施工計画書に使用するシステムのメーカー、型番、構成機器等を記載し、使用するシステムの機能および精度が確認できる資料(メーカーパンフレット等)を添付することをお奨めします。</li> <li>・ 施工計画書には、技術提案事項に対応した技術、あるいは機能であることが解るような内容を記載すると良いでしょう。</li> </ul> |      |     |
| <b>【補足説明】</b><br>【施工計画書への記載事項等】<br>※ 「土木工事共通仕様書 1-1-4 施工計画書」の規定に基づき、使用重機に関する情報を記載して下さい。 |   |      |     |

#### 6.1.2 施工管理計画【3DMC/MG（バックホウ）共通】

|   |  |      |      |
|---|--|------|------|
| 記号  | 施工 ①   |      |      |
| 質問者分類   | 利用者  | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q  | MC/MG(バックホウ) 施工を行う際に準拠する要領等はあるのですか。  |      |      |
| 回答:A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ MC/MG を対象とした施工管理要領、監督・検査要領等は策定されていません。</li> <li>・ 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)」等の土工の要領等に準じて実施してください。</li> </ul> |      |      |
| <b>【補足説明】</b><br>※ MC/MG の導入による施工管理の手法に変更はありません。ただし、ICT 活用工事(土工)では、UAV による写真測量や地上型レーザースキャナーによる出来形管理(面管理)を適用できます。<br>※ 出来高部分払いに施工履歴(刃先の位置データ記録)を利用する場合は、国土交通省が定める要領に沿って精度確認とデータ処理を行う必要があります。 |  |      |      |

## 6.2 施工中のトラブル

### 6.2.1 データ作成範囲の設定ミス【3DMC/MG（バックホウ）】

| 記号            | 施工 ②   |      |        |
|---------------|--|------|--------|
| 質問者分類         | 利用者  | 質問種別 | トラブル対応 |
| 質問:Q          | 特定の場所で制御がうまくいかない場合の対応でどのような要因が考えられますか？   |      |        |
| 回答:A          | <p>要因として以下の事項が考えられます。参考にしてください。</p> <p><b>【設計データに間違いがある。】</b></p> <p>※ 各システムの設計データ作成ソフトウェアの多くに、設計データの確認ができる機能があります。入力ミスがないかどうか確認してください。大きな入力ミスは容易に見えますが、僅かな入力値の間違いはデータを詳細にチェックする必要があります。</p> <p><b>【設計データの範囲外で作業を行っている。】</b></p> <p>※ <b>MC/MG</b>(バックホウ)施工に限ったことではありませんが、実施工では目的形状以外の範囲から材料を運んだり、盛りこぼした材料を集めたり、やや大きめに整形したりします。<b>3次元設計データ</b>を目的形状範囲のみ作成している場合は、これらの作業時に比較対象となる設計データがないことから制御に必要な差分データを算出できないため、制御ができない場合があります。</p> <p><b>【設計データの変化する位置とバックホウのマスト位置の不適合】</b></p> <p>※ 道路構造物などで、道路センターを中心に勾配を設定している場合、システムが設計との対比を行う位置によってブレードの勾配が変わります。チェックしている箇所を確認してください。</p> |      |        |
| <b>【補足説明】</b> |  |      |        |

### 6.2.2 計測機器設置のトラブル【3DMC/MG (バックホウ)】

|       |  |      |        |
|-------|--|------|--------|
| 記号    | 施工 - ③   |      |        |
| 質問者分類 | 利用者  | 質問種別 | トラブル対応 |
| 質問:Q  | 3DMC/MG(バックホウ)システムで利用する測位技術が正確に計測できません。どのような原因が考えられますか。  |      |        |
| 回答:A  | <p>①RTK-GNSSの主な制約条件と発生する不具合例</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>RTK-GNSSでは、基準局およびMG側で同じ衛星が5つ以上観測されている。<br/>RTK-GNSSの基準局からの補正データを受信できる範囲。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 山間部などでは、衛星が補足できる時間や範囲を事前に調査します。</li> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSSの基準点は、揺れや振動の影響が無い場所に設置します。</li> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSSの基準局とMC/MG側は無線通信による障害が無いことを確認します(空港周辺や高圧線、変電所周辺、国道脇などでは、通信が不安定な場合もある)。</li> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSSの場合は、周辺に高い構造物があると反射波によるマルチパスの影響を受ける場合もあります。</li> <li><input type="checkbox"/> 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、無償公開されているので、概ねの受信状況が予測できます。</li> <li><input type="checkbox"/> マルチパス対策の進んだGNSS受信機について、マルチパス対策を強化したGNSS受信機も開発されています。現場状況の調査が重要です。</li> </ul> <p>②自動追尾式TSを用いる場合の主な制約条件と発生する不具合例</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>自動追尾TSからMC/MG側のプリズムを視通できる範囲。<br/>自動追尾TSから発信する光波で測距できる距離。<br/>自動追尾側で計測した3次元座標を、MC/MG側に無線送信できる範囲。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 自動追尾TSとMC/MG側の間に、ダンプや他の建設機械が稼働するような場合は測位が途切れる場合があります。</li> <li><input type="checkbox"/> 自動追尾TSには計測距離の制限は無いが、距離が遠いほど計測誤差は大きくなります。</li> <li><input type="checkbox"/> 自動追尾TSとMC/MG側のプリズムが近すぎると、プリズムの移動を追尾できない場合があります。</li> <li><input type="checkbox"/> 自動追尾TSは不動点に設置する。揺れや振動の影響が無い箇所に設置します。</li> </ul> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div> |      |        |
| 【留意点】 | <p>※ 測位技術の特徴や現場条件による制約を踏まえ、事前調査に基づいてシステムの利用範囲を明確に整理しておくことがポイントです。</p>  |      |        |

マシンコントロールグレーダの  
現場対応集  
[施工者向け]

平成30年2月



## はじめに

国土交通省では、平成 25 年度より 10,000m<sup>3</sup>以上の土工を含む直轄工事で「TSを用いた出来形管理(土工編)」を使用原則化すると共に、①「TS を用いた出来形管理(土工編)(10,000m<sup>3</sup>未満の土工)」、②「MC(モータグレーダ)技術」、③「MC/MG(ブルドーザ)技術」、④「MG(バックホウ)技術」、⑤「TS・GNSS による締固め管理技術」の5つの情報化施工技術を今後5ヶ年の一般化推進技術と位置づけて更なる普及促進に取り組んできました。

更に、H28 年度からは ICT 活用工事(土工)において MC/MG(3D)の活用が始まり、H29 年度からは ICT 活用工事(舗装工)で MC/MG(3D)が適用されるなど普及促進が加速しています。

ICT 施工技術の普及・推進に向けては、利用者が高度・高機能な技術を使いこなし、トラブルへの迅速な対応や機能の応用など、技術の持つ能力を最大限に活かすノウハウを修得することが不可欠です。

本現場対応集は、情報化施工技術の特徴を活かすノウハウの一部として、これまでの試験施工結果から、現場でのトラブル対応や工夫をとりまとめたものです。

また、「MC(モータグレーダ)技術」については、技術の革新や機能の改良が進んでおり、本書でとりまとめた課題、課題への対応方法も適宜変わっていくことが想定されますが、本書は平成 29 年度時点の調査結果を元に、事例として整理しております。

# 目 次

|       |                                 |    |
|-------|---------------------------------|----|
| 1.    | 現場対応集の構成と使い方                    | 1  |
| 2.    | MC (モータグレーダ) 適用条件の事前調査          | 2  |
| 2.1   | MC (モータグレーダ) の選定                | 2  |
| 2.1.1 | システムの種類【MC (モータグレーダ)】           | 2  |
| 2.1.2 | 計測機器の選定【MC (モータグレーダ)】           | 4  |
| 2.1.3 | 通信機器の選定【MC (モータグレーダ)】           | 5  |
| 2.2   | 調達                              | 6  |
| 2.2.1 | 必要な機器構成【MC (モータグレーダ)】           | 6  |
| 2.2.2 | 必要な重機【MC (モータグレーダ)】             | 7  |
| 2.2.3 | 異なる開発会社の組合せ【MC (モータグレーダ)】       | 7  |
| 2.2.4 | 利用期間【MC (モータグレーダ)】              | 8  |
| 3.    | 計測精度確保                          | 9  |
| 3.1   | 性能                              | 9  |
| 3.1.1 | 性能【MC (モータグレーダ)】                | 9  |
| 3.2   | 性能の証明【MC (モータグレーダ)】             | 10 |
| 3.3   | 施工精度【MC (モータグレーダ)】              | 11 |
| 3.3.1 | 施工時の精度確認                        | 11 |
| 3.3.2 | 計測距離の制限                         | 12 |
| 4.    | 3次元設計データの作成【MC (モータグレーダ)】       | 13 |
| 4.1   | データの構成                          | 13 |
| 4.1.1 | データの種類                          | 13 |
| 4.1.2 | データの変換                          | 14 |
| 4.1.3 | データ作成に必要なソフトウェア                 | 15 |
| 4.2   | データの作成例【MC (モータグレーダ)】           | 16 |
| 4.2.1 | 線形構造物以外でのデータ作成                  | 16 |
| 5.    | 必要な機器取り付け・初期設定                  | 17 |
| 5.1   | 機器設置【MC (モータグレーダ)】              | 17 |
| 5.2   | キャリブレーション【MC (モータグレーダ)】         | 18 |
| 6.    | 施工                              | 19 |
| 6.1   | 施工および施工管理【MC (モータグレーダ)】         | 19 |
| 6.1.1 | 記載内容                            | 19 |
| 6.1.2 | 施工管理計画                          | 19 |
| 6.1.3 | MC (モータグレーダ) 施工を想定した計画          | 19 |
| 6.2   | 施工中のトラブル                        | 20 |
| 6.2.1 | 自動制御のトラブル【MC (モータグレーダ)】         | 20 |
| 6.2.2 | データ作成範囲の設定ミス【MC (モータグレーダ)】      | 20 |
| 6.2.3 | 計測機器設置のトラブル【MC (モータグレーダ)】       | 21 |
| 6.2.4 | RTK-GNSS の利用上の留意点【MC (モータグレーダ)】 | 22 |

## 1. 現場対応集の構成と使い方

「MC(モータグレーダ)技術」は、「3次元設計データ」を搭載したモータグレーダにより敷均し作業を行うことで、丁張りの削減を可能とし、オペレータによる複雑な操作なしでブレードを自動制御して高精度な施工を実現するものです。

本技術は、現場作業の効率化・省人化の実現に多大な効果を発揮する技術です。しかし、本技術導入時に、最大の効果を得るためには、これまでとは違った準備作業や、運用体制を確立する必要がある等、多くのノウハウが必要となります。

本技術は施工者が利用する技術であり、発注者より本技術の利用に対して制限を受ける事項はありません。しかし、履行の確認や品質確保の観点から、受・発注者で導入技術の確認や施工状況の把握を行う必要があります。これらを踏まえ、本書では、「MC(モータグレーダ)技術」適用時の主要5パートについて、現場調査に基づき運用上の留意点や対応例を整理しました。



本書の構成

## 2. MC（モータグレーダ）適用条件の事前調査

### 2.1 MC（モータグレーダ）の選定

#### 2.1.1 システムの種類【MC（モータグレーダ）】

| 記号    | 事前調査 ①   |      |     |
|-------|--|------|-----|
| 質問者分類 | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q  | 「MC(モータグレーダ)技術」のシステムを選定する際のポイントはどこ？  |      |     |
| 回答:A  | <p>・「MC(モータグレーダ)技術」は、主に不陸整形や路盤整形工に利用されます。仕上がりに要求される施工精度が高いため、以下に示す高精度な計測装置が用いられています。</p> <p>・それぞれに、次のような特徴があるので主に利用機械の台数や、既に導入されている機器(TS や RTK-GNSS)の活用を念頭に機器を選択します。</p> <p>※ いずれの測量機器でも、設計データの入力方法に差はありません。</p> <p>※ いずれの測量機器でも、機器の設置や重機側のキャリブレーション作業に差はありません。</p> <p><b>【自動追尾式 TS】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 自動追尾式 TS は、TS1 台につき、1 台の MC(モータグレーダ)の追尾・計測が可能です。</li> <li><input type="checkbox"/> TS から追尾可能な計測範囲は、自動追尾 TS から移動局となるモータグレーダのプリズムを遮らない範囲で、自動追尾式 TS から数百メートル程度の範囲で計測が可能です。</li> <li><input type="checkbox"/> 自動追尾式 TS には、MC 専用の機種と、TS 出来形管理等の MC 以外の利用も可能な機種が存在しています。</li> </ul> <div style="text-align: center;">  </div> <p><b>【RTK-GNSS 仕様】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSS の場合は、RTK-GNSS の基準局1台につき、複数台の MC(モータグレーダ)の計測が可能です。</li> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSS は平面位置の計測、高さ計測を行うシステムです。</li> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSS の基準局は、「MC(モータグレーダ)技術」以外に「MC/MG(ブルドーザ)技術」、「TS・GNSS による締固め管理技術」や、自主的な「GNSS を用いた出来形・出来高管理」にも活用が可能です(ただし、それぞれの移動局側システムは別途必要です)。</li> <li><input type="checkbox"/> 高さ精度が必要な場合は、レーザーレベル等高さ精度補完装置を利用できる場合もあります。</li> </ul> <div style="text-align: center;">  </div> <p><b>【レーザーによる高さ計測装置付きの RTK-GNSS(商品名の例:mmGPS)】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> レーザによる高さ計測装置付きの RTK-GNSS の場合は、RTK-GNSS の基準局 1 台とレーザー基準局1台につき、複数台の MC(モータグレーダ)の計測が可能です。</li> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSS は平面位置の計測、レーザー計測により高さ計測を行うシステムです。したがって、高さ計測では、レーザー基準局から移動局となるグレーダのプリズムを遮らない範囲で、自動追尾 TS から数百メートル程度の範囲で計測が可能です。</li> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSS の基準局は、MC 以外に締固め管理、自主的な出来形・高管理にも活用が可能です(ただし、それぞれの移動局側システムは別途必要です)。</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  <p>+</p> <p>レーザーによる<br/>精度補完機能<br/>高精度を自動追尾<br/>TS並に向上させる<br/>装置</p> </div> </div> |      |     |

**【補足説明】**

- ※ RTK-GNSS の高さの計測値は±30～50mm 程度の幅で不連続に変動しています。利用目的として管理したい精度と比較して十分な計測精度と判断できる場合は、RTK-GNSS のみでも利用可能です。
- ※ 自動追尾 TS では高さの計測値は±10mm 程度です。
- ※ 「MC(モータグレーダ)技術」の導入だけで施工精度の向上や安定に繋がる訳ではありません。「MC(モータグレーダ)技術」はこの効果が得られる技術ではあるので、適切に機器・センサを管理した上で利用することが重要であり、仕上がり精度の確認は必須の項目です。
- ※ 高精度な測量機器を選択しても、仕上げをどの程度まで実施するかによって施工精度は変化します。ただし、計測精度にセンサの誤差、施工誤差があるため、計測精度以上の仕上がり精度にはなりません。
- ※ MC(モータグレーダ)は油圧バルブの制御を行うため、油圧バルブとシステムの接続が必要です。機種によっては対応していない場合もあるので、実施前にメーカーに確認することをお奨めします。

## 2.1.2 計測機器の選定【MC（モータグレーダ）】




|       |   |      |     |
|-------|---|------|-----|
| 記号    | 事前調査 - ②  |      |     |
| 質問者分類 | 利用者   | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q  | 自動追尾式 TS や RTK-GNSS が適用できない現場条件はありますか？  |      |     |
| 回答:A  | <p>①自動追尾式 TS の適用が難しい現場条件について</p> <p>自動追尾式 TS では、TS 本体から発信するレーザが MC（モータグレーダ）に設置したプリズムによって反射する光を検知して追尾しています。したがって、レーザが遮断される状況が発生すると自動追尾による計測ができなくなります。</p> <p>また、自動追尾式 TS は精密機器で、自己位置からの向きや角度から対象物の位置を算出しています。したがって、TS 本体が揺れたり傾いたりする場所では正確な計測ができません。</p> <p><b>【レーザが遮断される条件】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 激しい降雨や降雪、濃霧（TS から発信するレーザ光が拡散してしまう）。</li> <li><input type="checkbox"/> ダンプ等が通行し、レーザを遮断する。</li> </ul> <p><b>【自動追尾式 TS の正確な計測ができない条件】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 軟弱地盤上等で、重機の通行や作業の影響により TS 設置箇所が揺れる場所、あるいは変形する場所。</li> <li><input type="checkbox"/> 橋梁の梁上などの揺れがある場所。</li> <li><input type="checkbox"/> 凍上などで利用する基準点に変位が起こる場所。</li> </ul> <p>②RTK-GNSS の適用が難しい現場条件について</p> <p>RTK-GNSS は、測位衛星からの電波と地上の基準局からの電波を受信することで高精度な測位を行います。したがって、測位衛星からの電波および地上の基準局からの電波が受信できない場合には高精度な測位ができなくなります。また、RTK-GNSS では、移動局および基準局で同時に5つ以上の測位衛星を必要とします。</p> <p><b>【測位衛星からの電波が遮断される条件】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 移動局および基準局の上空が開けていない、山間地の谷間、高層ビル街（測位衛星が安定して5個以上補足できない。連続した計測ができない）。</li> <li><input type="checkbox"/> 衛星が5個以上補足できているが、測位衛星の配置が悪い（例えば、北側に山やビルなどがあり、全ての衛星が南側に偏っている）。</li> <li><input type="checkbox"/> 周辺に電波を反射する高い壁等がある（衛星の電波が反射され、計測が不安定）。</li> </ul> <p><b>【基準局からの電波が遮断される条件】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 違法無線などの高出力な無線が発信されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 類似のシステムなどで、同周波数帯の無線が多数利用されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 高圧電線や変電所周辺。</li> <li><input type="checkbox"/> 障害物などで無線通信が遮断されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 空港や航空基地周辺。</li> </ul> |      |     |
|       | <p><b>【留意点】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 無線の状況を分析する方法もありますが、上記のような無線は時間帯などによって大きく変化します。また、無線は目に見えないため、実際に工事を想定している時間帯に利用する無線機を活用して通信状況の確認を行うことをお奨めします。</li> <li>※ また、計測が安定している間に施工上の目安を簡易に設置（丁張りを代用する目印）することで、システムのトラブル時でも円滑な作業を行うことが可能です。</li> <li>※ VRS 方式でも基本的な事項は RTK と同様です。</li> </ul>   |      |     |

### 2.1.3 通信機器の選定【MC（モータグレーダ）】

|              |  |      |     |
|--------------|--|------|-----|
| 記号           | 事前調査 - ③   |      |     |
| 質問者分類        | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q         | 「MC(モータグレーダ)技術」が上手く稼働しない条件はありますか？  |      |     |
| 回答:A         | <p>・「MC(モータグレーダ)技術」では RTK-GNSS 基地局からモータグレーダの間、もしくは自動追尾 TS から MC(モータグレーダ)の間で測位位置に関する情報を無線通信しています。無線通信が混信や通信障害をおこす場合は、測位ができないためシステムが適切に稼働できません。</p> <p>・MC(モータグレーダ)と RTK-GNSS 基地局間の通信は、免許や申請の不要な特定省電力無線が多く利用されます。本無線は、通信障害の無い場所では 1km 程度の通信が可能ですが、無線の出力が小さいため、周辺環境の影響を受けやすいです。このため、使用にあたっては、周辺環境の調査が重要となります。</p> <p><b>【無線通信の障害が発生しやすい、あるいは無線通信の発生要因】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 違法無線などの高出力な無線が発信されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 類似のシステムなどで、同周波数帯の無線が多数利用されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 高压電線や変電所周辺。</li> <li><input type="checkbox"/> 障害物などで無線通信が遮断されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 空港や航空基地周辺。</li> </ul> <p><b>【通信障害の確認方法】</b></p> <p>無線の状況を分析する方法もありますが、上記のような無線は時間帯などによって大きく変化します。また、無線は目に見えないため、実際に工事を想定している時間帯に利用する無線機を活用して通信状況の確認を行うことをお勧めします。</p> <p><b>【無線通信障害発生時の対応例】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 無線通信障害が多い場所では、免許や申請が必要な高出力な無線を利用する。</li> <li>※ 無線通信は、距離は離れると急激に出力が減衰します。無線障害をなくす方法として、RTK-GNSS 基準局と MC(モータグレーダ)間、もしくは自動追尾 TS と MC(モータグレーダ)間の距離を短くすることで対応できる場合もあります。</li> </ul> |      |     |
| <b>【留意点】</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 利用する無線の通信可能距離について、システムの調達段階でメーカーなどに良く確認しておきましょう。</li> <li>※ また、可能な場合は、現場の無線通信状況を事前に確認しておくことをお勧めします。</li> </ul>  |      |     |

## 2.2 調達

### 2.2.1 必要な機器構成【MC（モータグレーダ）】

| 記号    | 調達   | ①         |
|-------|--|-----------|
| 質問者分類 | 利用者  | 質問種別 基礎知識 |
| 質問:Q  | 「MC(モータグレーダ技術)」に必要な機器構成を教えてください。   |           |
| 回答:A  | <p>・ 自動追尾式 TS を利用する場合と RTK・GNSS を使う場合で、基準局側の構成が異なりますが、移動局(モータグレーダ)側の構成は、GNSS アンテナとプリズムの違い以外に大きな違いはありません。</p> <p>・ RTK・GNSS の方式の一つとして VRS 方式が利用できます。基準局の代わりに、携帯電話を通じて基準局相当の電波を受信する方式です(契約料と通信料がかかります)。</p> <p>・ 重機側の油圧を制御するために電磁バルブとの接続が必要となります。利用する重機が MC 制御に対応した油圧バルブを搭載しているかどうか、メーカーに確認が必要です。対応していない場合は、新たにバルブの改造が必要となります(高額となる場合があります)。</p> <p>【MC システムの機器構成例】</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">MCシステムの機器構成(TSの例)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">基準局(TS)</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">TSの場合</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">①自動追尾TS</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">②座標変換用パソコン</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">③データ通信用無線送信アンテナ</div>  </div> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">移動局(施工機械)</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">TSの場合</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">④追尾用全周プリズム</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">⑤無線受信機</div> </div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">                 ⑥車載PC<br/>                 ⑦バルブ、センサ類<br/>                 ※ MC技術ごとに取付けるバルブ、センサ類は異なる。             </div> </div> </div> <div style="margin-top: 10px; border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">【TSを用いる場合の精度】</p> <p style="text-align: center;">・垂直方向で±5～15mm程度<br/>(TSと建設機械との距離による)</p> </div> </div> <p>※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。</p> <p>※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。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">MCシステムの機器構成(GNSSの例)</p> <div style="text-align: center;"> <p style="background-color: #e0f0ff; padding: 2px;">RTK-GNSS</p>  <p>測量機器(基準局): 重機 = 1 : Nのシステム</p> </div> </div> <div style="width: 45%; text-align: center;"> <p style="font-size: 2em;">+</p> <p style="background-color: #e0f0ff; padding: 2px;">レーザーによる<br/>精度補完機能</p> <p style="font-size: 0.8em;">高精度を自動追尾<br/>TS並に向上させる<br/>装置</p> </div> </div> <p>※高精度な施工を求められるモータグレーダ作業では、GNSS(高さ精度±30mm程度)の他に高さ精度を補完する装置を付加して用いることが多い</p> <p>【システムの供給メーカーについて】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 平成 29 年度現在、「MC(モータグレーダ技術)」として市販されているシステムは、トプコン、ニコン・トリンプル、ライカジオシステムズ等の計測機器メーカーや代理店の他、建設機械メーカーがセンサ等を標準搭載したものを販売しています。</li> <li>※ レンタルでは、西尾レントオール、アクティオ、ニッケン、カナモト、などの主要なレンタル会社でも扱っています。</li> <li>※ VRS 方式では、現場の基準局は不要ですが、補正情報の配信契約と通信料が発生します。基準局のレンタル費と、VRS 方式での通信費や契約費を比較してみると良いでしょう。最近では定額の通信サービスや複数台への配信などのオプションが設定されています。詳細はメーカーに問い合わせてください。</li> </ul> </div> |           |



### 2.2.2 必要な重機【MC（モータグレーダ）】

|  |   |      |      |
|--|---|------|------|
| 記号   | 調達  | —    | ②    |
| 質問者分類  | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q   | システムと重機を別々に調達しても問題ありませんか？   |      |      |
| 回答:A   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・MC を構成する各種機器・センサは、モータグレーダに後付けすることが可能です。このため、重機とシステムを別々に調達することも可能です(保有重機を含む)。ただし、以下の留意点があります。 <ul style="list-style-type: none"> <li>□ プリズムやアンテナを装着するマストなどを装着する必要があり、重機にこれらの装置を取り付けるための治具(台座)を溶接する必要があります。</li> <li>□ MC システムでは、重機本体の油圧を自動制御します。重機の油圧制御とシステムのマッチングが必要になるため、MC システムに対応しているかどうかは重機メーカーおよびシステムメーカーに確認が必要です。</li> <li>□ MC システムに対応していないバルブを搭載しているモータグレーダの場合は、新たにバルブの改造などが必要になります(高額となる場合があります)。</li> </ul> </li> </ul> |      |      |
| <p><b>【留意点】</b></p> <p>※ MC システムに対応している油圧バルブを搭載しているモータグレーダを所有(手配)している場合は、MG システムとのケーブルを接続するだけで MC システムに変更可能です。</p> |   |      |      |

### 2.2.3 異なる開発会社の組合せ【MC（モータグレーダ）】

|   |  |      |      |
|---|--|------|------|
| 記号  | 調達   | —    | ③    |
| 質問者分類   | 利用者  | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q  | 他社システムとの組み合わせは可能ですか？   |      |      |
| 回答:A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・自動追尾式 TS の応答性、制御のなめらかさなど開発各社の技術開発競争が進められており、現状では、他社システムとの組み合わせは補償されていません。</li> <li>・ただし、センサを設置するための治具などは、ボルトの位置や径が合致すれば転用が可能です。</li> </ul> |      |      |
| <p><b>【留意点】</b></p> <p>※ 同一メーカーのシステムでも、バージョンなどによってシステム間に互換性がない場合もありますので、システム提供メーカーに確認することをお奨めします。</p> |  |      |      |

#### 2.2.4 利用期間【MC（モータグレーダ）】

|  |  |      |     |
|--|--|------|-----|
| 記号   | 調達   | —    | ④   |
| 質問者分類  | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q   | システムの導入までの準備期間はどの程度ですか   |      |     |
| 回答:A   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ システムに必要なセンサ類を装着する治具が設置されていない場合は、工場での溶接作業等が必要です。</li> <li>・ 上記の準備が済み、MC システムの手配が完了すれば、MC システムの搭載可能なモータグレーダにセンサ類を装着に要する時間は、0.5～1 日程度で設置可能です(トラブルや不具合の発生が無い場合)。</li> <li>・ データの搭載や試運転調整、操作の慣れを考慮すると、準備期間として 2～3 日程度の余裕を見込んでおくことをお勧めします。</li> </ul> |      |     |
| <b>【留意点】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 油圧システムとのマッチングの調整は 1 時間程度です(トラブルがない場合)。</li> <li>※ 利用する重機が、過去に改造されていたりすると接続できない場合があります。</li> <li>※ システムの試運転などを行うために、事前に試運転用の設計データを準備しておくことをお勧めします。</li> </ul> |  |      |     |

### 3. 計測精度確保

#### 3.1 性能

##### 3.1.1 性能【MC（モータグレーダ）】

|       |  |      |      |
|-------|--|------|------|
| 記号    | 精度確保 - ①   |      |      |
| 質問者分類 | 利用者  | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q  | 利用する測位システムで、どの程度の施工精度が確保できますか？   |      |      |
| 回答:A  | <p>【施工精度からの測位技術の選定ポイント】</p> <p>①RTK-GNSSを用いる場合の精度について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 垂直方向精度は±30～50mm程度とされています。RTK-GNSSでは、衛星数が増えることで測位の安定性向上が期待できますが、精度が向上する訳ではありません。</li> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSSでは、利用する衛星の配置状況によっても測位の安定性は変化します(衛星の配置状況を確認する指標にDOP値があります。DOP値は小さい方が衛星の配置が良い状態を指します)。</li> <li><input type="checkbox"/> 「MC(モータグレーダ)技術」は測位技術の計測結果に基づいて制御を実施しており、測位技術の精度以上の施工精度は実現しません。要求精度に応じた測位技術の選定が重要です。</li> </ul> <p>②VRS方式の活用について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSSの方式の一つとしてVRS方式が利用できます。基準局の代わりに、携帯電話を通じて基準局相当の電波を受信する方式です(契約料と通信料がかかります)。</li> <li><input type="checkbox"/> 計測精度はRTK-GNSSと同等です。携帯電話などの電波状況により計測の可否が変化します。</li> </ul> <p>③自動追尾TSを用いる場合の精度について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> TS本体の計測精度は、測角精度は2秒～10秒程度が多い。</li> <li><input type="checkbox"/> このことから、TSの場合は、計測距離の増加にともない計測誤差が大きくなることに注意。</li> <li><input type="checkbox"/> 自動追尾式TSではTSから重機までの距離が300m程度まで計測が可能とされています。しかし、下記のような距離による誤差が含まれるため、活用の範囲を検討することが重要です。</li> </ul> <div style="text-align: center;"> <p>角度精度と高さ精度の関係</p> </div> |      |      |
| 【留意点】 | <p>※ 利用する測位技術が要求する施工精度に十分か吟味して選定してください。</p> <p>※ 利用する測位技術の精度が高くても、施工上の管理方法次第で高精度な施工が実現するか左右されます。</p>   |      |      |

### 3.2 性能の証明【MC（モータグレーダ）】

|       |  |      |     |
|-------|--|------|-----|
| 記号    | 精度確保 ー ②   |      |     |
| 質問者分類 | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q  | MCの利用にあたって、システムの精度を証明する資料等の提出は必要ですか？   |      |     |
| 回答:A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・MCの活用においては、計測機器に関する公的な校正証明書や検定証を添付する必要はありません。</li> <li>・ただし、MC技術では、測位技術の精度、傾斜計などのセンサ精度、機械のガタつき、ブレードの摩耗・損耗などが施工誤差の要因となります。利用機器単体の精度に加えて、トータルでの精度を確保する方法を計画し、施工精度を確認することをお奨めします。</li> </ul> <p>★3.3.1 参照</p> |      |     |
| 【留意点】 |  |      |     |

### 3.3 施工精度【MC（モータグレーダ）】

#### 3.3.1 施工時の精度確認

| 記号    | 精度確保 ③   | 質問者分類 | 利用者 | 質問種別 |  | 留意点 |  |
|-------|--|-------|-----|------|--|-----|--|
| 質問:Q  | MCの精度を確認する簡単な方法はありませんか？  |       |     |      |  |     |  |
| 回答:A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>MCの活用においては、始業前などに既存の丁張りや検測用の基準点を設けて確認します（確認例①）。</li> <li>オペレータモニタ上に表示されるブレード刃先の座標データと同位置で取得したTSでの計測結果を比較する方法などがあります（確認例②）。</li> </ul> <p>確認例①<br/>基準点でチェックする。</p> <div data-bbox="470 698 1321 1077" data-label="Diagram"> <p><b>位置精度の確認</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>TSの他にも、既設の丁張りや確認する方法や、確認用の基準点（コンクリート上に目印）を設置しておく方法もある。</li> </ul> <p>現場内の不動点に座標を付け、バケットやブレードを当てて日常的に精度を確認する。</p> <p>X=100.010<br/>Y=120.400<br/>Z=180.660</p> <p>X=100.025<br/>Y=120.390<br/>Z=180.640</p> </div> <p>確認例②<br/>TSでチェックする。</p> <div data-bbox="462 1164 1332 1556" data-label="Diagram"> <p>車載PCに表示される座標値を確認</p> <p>座標2 (x2, y2, z2)</p> <p>座標1 (x1, y1, z1)</p> <p>車載PC表示座標と実測座標との差分を確認</p> <p>TS等により排土板下端の座標値を計測</p> </div> |       |     |      |  |     |  |
| 【留意点】 |  |       |     |      |  |     |  |

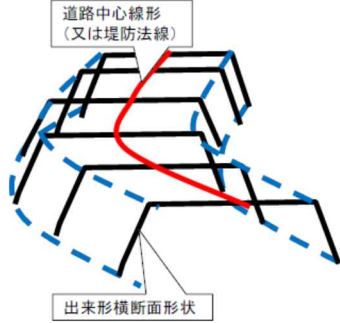
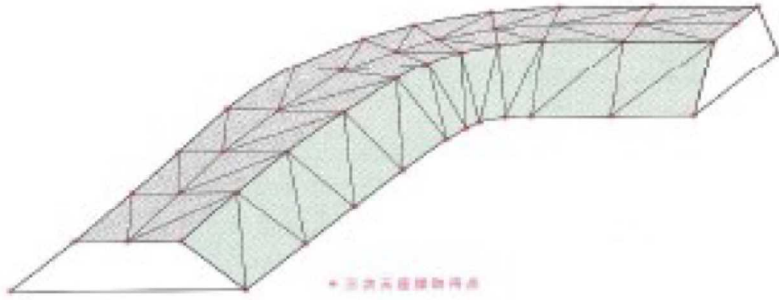
### 3.3.2 計測距離の制限

|   |   |      |     |
|---|---|------|-----|
| 記号  | 精度確保 ー ④  |      |     |
| 質問者分類   | 利用者   | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q  | MC の利用にあたって、自動追尾 TS からの計測距離に制限はありますか？   |      |     |
| 回答:A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ MC の活用において、計測距離の制限はありません。ただし、施工結果の精度については、MC の導入とは関係なく施工管理を実施して精度を確認してください。</li> </ul> |      |     |
| <b>【留意点】</b>  |   |      |     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>※ MC の導入による施工結果の精度確認(施工管理)の頻度低減などはありません。施工管理に TS を用いた出来形管理も利用することが可能です。</li> <li>※ ICT 活用工事(舗装工)では、地上型レーザー扫描仪を用いた面的管理も適用できます。</li> </ul> |   |      |     |

#### 4. 3次元設計データの作成【MC（モータグレーダ）】

##### 4.1 データの構成

##### 4.1.1 データの種類

|        |   |      |      |
|--------|---|------|------|
| 記号     | データ作成 ー ①   |      |      |
| 質問者分類  | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q   | 3次元設計データには、路線ファイル、TIN ファイルなどがあります。これらの違いを教えてください。   |      |      |
| 回答:A   | <p>・「路線ファイル」は中心線と横断形状の組み合わせで表現した形状です。</p> <p>・駐車場、広場、飛行場等の面的な形に対する施工管理が求められる舗装工事では、線形情報ではなく、高さや水勾配のコントロールポイントを抽出して作成する TIN ファイルを利用することが有利な場合があります。</p> <p>【路線ファイル、TIN ファイルのイメージ】</p> <p><input type="checkbox"/> <u>路線ファイルイメージ</u></p> <div style="text-align: center;">  <p>道路中心線形<br/>(又は堤防法線)</p> <p>出来形横断面形状</p> </div> <p><input type="checkbox"/> <u>TIN ファイルイメージ</u></p> <div style="text-align: center;">  <p>※ 3次元設計データ</p> </div> <p>※出典：情報化施工の実務（一般社団法人 日本建設機械施工協会）</p> |      |      |
| 【補足説明】 | <p>※ TS による出来形管理にて作成した基本設計データの MC 技術での使用について</p> <p>TS による出来形管理にて作成した基本設計データをそのまま MC 技術で用いることは通常はできませんが、「基本設計データ作成ソフトウェア」によっては、3次元設計データの作成が容易となるデータ変換が可能な場合があります。詳細は、「基本設計データ作成ソフトウェア」及び「3次元設計データ(MC 用設計データ)作成ソフトウェア(あるいは変換ソフトウェア)」の入出力可能なファイルを参照してください。</p>  |      |      |

#### 4.1.2 データの変換

|        |  |      |      |
|--------|--|------|------|
| 記号     | データ作成 ②  |      |      |
| 質問者分類  | 利用者  | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q   | 路線データから TIN ファイルへ変換する手順を教えてください。   |      |      |
| 回答:A   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 路線データと横断面データから TIN データの頂点となる3次元座標を算出し、これをソフトウェアに読み込むことで作成します。</li> <li>• 具体的な作成方法は、設計図書等の状況(紙媒体、2次元 CAD データ、3次元 CAD データ)や各メーカーのソフトウェアにより異なります。</li> <li>• ソフトウェアの操作方法の習得にあたっては、機器メーカーやリース・レンタル会社にて実施しているセミナーへの参加やデータ作成指導等のサービスを利用することを推奨します。</li> </ul> <p>【TIN ファイルの作成手順とイメージ】</p> <p>※出典： 情報化施工の実務(一般社団法人 日本建設機械施工協会)</p> |      |      |
| 【補足説明】 |  |      |      |

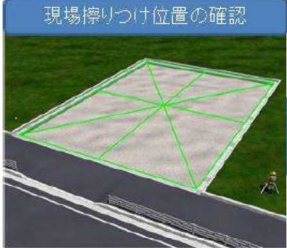
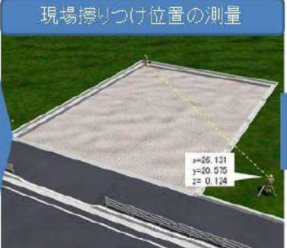
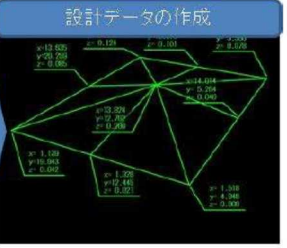


#### 4.1.3 データ作成に必要なソフトウェア

|              |  |      |      |
|--------------|--|------|------|
| 記号           | データ作成 ③  |      |      |
| 質問者分類        | 利用者  | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q         | 3次元設計データ作成に必要なソフトウェアを教えてください。専用のソフトウェアが必要ですか？  |      |      |
| 回答:A         | <p>・ 現状では、各社のシステムで最終的に読み込むデータフォーマットが異なっており、MC/MG システムに付属するソフトウェア上で専用のデータに変換して利用しています。</p> <p>・ また、3次元座標データ、3D 面データにおいても、出力・入力可能なフォーマットが個別にあるので、専用のソフトウェア以外を利用する場合でも互いの互換性を確認しておく必要があります。</p> <p><b>【MC 用のデータ作成の流れの例】</b></p> <p>現状は、2次元の設計図面から必要なデータを抽出し、3DCAD や測量計算ソフトで3次元座標を算出した後に MC 用の付属ソフトウェアにデータを移して MC 用データとする場合や路線データから MC 用の付属ソフトウェアでデータを作成します。</p> <p>この他にも、汎用の 2DCAD から平面座標と高さを個別に算出して、MC 用の付属ソフトウェアに入力する方法等もあります。</p> <p><b>①要素データ(スケルトン)を入力し、面データの頂点座標(x,y,z)を算出</b></p> <p><b>②面データの頂点座標(x,y,z)を入力して面データを構築</b></p> <p><b>③面データをMC用データに変換、MCへ搭載</b></p> <p>路線データ → 3D座標データ → 3D面データ → MC用データ</p> <p>2DCADソフト(汎用) → MC用の付属ソフトウェア<br/>         2DCADソフト(汎用) → 3DCADソフト(道路設計)<br/>         2DCADソフト(汎用) → 測量計算ソフト</p> |      |      |
| <b>【留意点】</b> | <p>※ 各社のシステム(付属ソフトウェアを含む)については、市場のニーズによる技術改良が日進月歩で実施されており、詳細については利用するシステムメーカーに確認してください。</p>  |      |      |



## 4.2 データの作成例【MC（モータグレーダ）】

### 4.2.1 線形構造物以外でのデータ作成

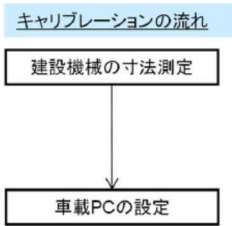


|       |   |      |      |
|-------|---|------|------|
| 記号    | データ作成 ⑥   |      |      |
| 質問者分類 | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q  | 既に周辺に構造物が設置されており、これに合わせた施工が必要な場合の設計データを作成する方法を教えてください。  |      |      |
| 回答:A  | <p>・ 擦りつけが必要な構造物の位置を TS 等により3次元計測し、これを元に設計データを作成することができます。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>現場擦りつけ位置の確認</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>現場擦りつけ位置の測量</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>設計データの作成</p>  </div> </div> |      |      |
| 【留意点】 |   |      |      |

5. 必要な機器取り付け・初期設定

5.1 機器設置【MC（モータグレーダ）】

|        |  |      |      |
|--------|--|------|------|
| 記号     | 機器設置 - ①   |      |      |
| 質問者分類  | 利用者  | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q   | 建設機械への機器の取り付け方を教えてください。  |      |      |
| 回答:A   | <p>・最初にMC(モータグレーダ)システムの構成機器を建設機械に取り付けます。その後、重機の機種やセンサ類の設置位置(マストの高さや機械幅等)を入力し、最後にセンサのキャリブレーションと油圧制御の調整を行います。<br/>         ※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、機械の種類や機械の幅等の初期値の入力が実施済みの場合が多いです。</p> <p>【機器取付の内容】</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>機器取付の流れ</b></p> <pre>             graph TD             A[工場等での事前取付] --&gt; B[現場での取付]             </pre> </div> <div style="width: 45%;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 排土板を制御するバルブ</li> <li>・ センサ類</li> <li>・ 各機器を接続するケーブル</li> <li>・ コントロールボックスは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)</li> </ul> <p>【車内への機器取付け】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 車載PC(コントロールボックス)</li> <li>※ ケーブルでバルブ、センサ類と接続する</li> <li>・ 無線受信器</li> <li>※ ケーブルで車載PCと接続する</li> </ul> <p>【車外への機器取付け】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 全周プリズム(ポール付き)(TSの場合)</li> <li>・ GNSSアンテナ(GNSSの場合)</li> </ul> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>車内への機器取付状況</b></p>  <p>コントロールボックス</p> <p>無線受信機</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><b>車外への機器取付状況</b></p>  </div> </div> <p>※ 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。</p> |      |      |
| 【補足説明】 | <p>※ 実施手順の詳細は、各開発メーカーのマニュアルで確認してください。</p>  |      |      |

## 5.2 キャリブレーション【MC（モータグレーダ）】

|   |   |      |      |
|---|---|------|------|
| 記号  | 機器設置 ー ③  |      |      |
| 質問者分類   | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q  | <p>施工中にセンサが緩んでいたため締め直したため、再度キャリブレーションを行いたいのですが、キャリブレーションの流れを教えてください。</p>  |      |      |
| 回答:A  | <p>・機器取付後、ブレード幅等の測定、各センサの設定を実施し、必要情報を車載 PC へ入力する。</p> <p>【キャリブレーションの内容】</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>キャリブレーションの流れ</p>  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 200px;"> <p>・ 全周プリズム又はGNSSアンテナ中心から排土板等下端・排土板の幅(ブルドーザ)を測定</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 200px;"> <p>【マシン設定】</p> <p>・ 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</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 200px;"> <p>【センサ設定】</p> <p>・ 排土板等の位置を調整し、各センサの値を車載PCに入力</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>全周プリズム中心から排土板下端の測定状況</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>排土板幅の測定状況</p>  </div> </div> <p>※ 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。</p> |      |      |
| <p>【補足説明】</p> <p>※ 実施手順の詳細は、各開発メーカーのマニュアルで確認してください。</p> |   |      |      |

## 6. 施工

### 6.1 施工および施工管理【MC（モータグレーダ）】

#### 6.1.1 記載内容

|   |   |      |     |
|---|---|------|-----|
| 記号  | 計画 ①  |      |     |
| 質問者分類   | 利用者   | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q  | 「MC(モータグレーダ)技術」を用いた施工を技術提案に盛り込んでおり、MC 施工を施工計画書に記載したいと考えています。どの程度の記載が必要ですか。  |      |     |
| 回答:A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 施工計画書に使用するシステムのメーカ、型番、構成機器等を記載し、使用する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)を添付することをお奨めします。</li> <li>・ 施工計画書には、技術提案事項に対応した技術、あるいは機能であることが解るような内容を記載すると良いでしょう。</li> </ul> |      |     |
| <b>【補足説明】</b><br>※ [施工計画書への記載事項等]<br>(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してください。 |   |      |     |

#### 6.1.2 施工管理計画

|  |  |      |      |
|--|--|------|------|
| 記号   | 施工 ①   |      |      |
| 質問者分類  | 利用者  | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q   | MC(モータグレーダ)を用いた施工を行う際に準拠する要領等はあるのですか。  |      |      |
| 回答:A   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ MCを対象とした施工管理要領、監督・検査要領等は策定されていません。</li> <li>・ 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)」等の土工の要領等に準じて実施してください。</li> </ul> |      |      |
| <b>【補足説明】</b><br>※ MCの導入による施工結果の精度確認(施工管理)の頻度低減などには関係がありません。施工管理にTSを用いた出来形管理も利用することが可能です。<br>※ ICT活用工事(舗装工)では地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理(面的管理)も適用可能です。 |  |      |      |

#### 6.1.3 MC（モータグレーダ）施工を想定した計画

|  |   |      |     |
|--|---|------|-----|
| 記号   | 施工 ②  |      |     |
| 質問者分類  | 利用者   | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q   | MC(モータグレーダ)の能力を最大限に発揮するための留意点はありますか。  |      |     |
| 回答:A   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ MC(モータグレーダ)施工では、従来の検測作業の繰り返しを低減し、作業のスピードを向上させることが可能です。「MC(モータグレーダ)技術」の稼働率を上げるためには、材料供給待ち等が生じないように、十分な材量を手配しておくといった周辺作業の準備が大切です。</li> <li>・ 狭い施工箇所では、材料の搬入時に自動追尾式TSとの視準が遮断されないようにTSを設置します。</li> <li>・ MCモータグレーダの導入による時間短縮は、仕上げまでの繰り返し走行(目標値に仕上げるまで)の削減が大きいと言われています。このため、施工幅が狭くて摺り合わせの既設構造物がある場合などは、元々施工のパス回数が少ないため効果が発揮し難い現場と言えます。</li> <li>・ MCは走行軌跡から自車の方向を算出しています。このため、敷き均し作業の延長が短く、前後進が頻繁に発生する現場では制御が安定しません。</li> </ul> |      |     |
| <b>【補足説明】</b><br>※ 国土交通省の調査結果では、MC施工により検測作業の省力化、仕上げの早期化が図られ、作業スピードは1.2~1.5倍程度になると報告されています。ただし、MC施工のためには、現場への丁張り設置にかわる3次元設計データ作成作業が発生します。 |   |      |     |

## 6.2 施工中のトラブル

### 6.2.1 自動制御のトラブル【MC（モータグレーダ）】

| 記号   | 施工 - ③  |      |        |
|--|---|------|--------|
| 質問者分類  | 利用者   | 質問種別 | トラブル対応 |
| 質問:Q   | 制御がうまくいかない場合の対応でどのような要因が考えられますか？  |      |        |
| 回答:A   | <p>要因として以下の事項が考えられます。参考にしてください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 測位技術との通信は上手くできていますか？<br/>モニタ上でブレードの計測座標が表示されています。基準局上での確認や TS との比較を行って計測ができているかを確認してください。</li> <li><input type="checkbox"/> センサは作動していますか？<br/>モニタ上でブレードの傾斜角が表示されています。ブレードの傾斜と表示が一致しているか確認してください。</li> <li><input type="checkbox"/> 計測機器の電池切れなどはありませんか？</li> <li><input type="checkbox"/> ケーブルの接続部のゆるみや断絶はありませんか？</li> <li><input type="checkbox"/> 油圧バルブとのマッチングは適正ですか？</li> </ul> <p>制御が不安定な場合などは、油圧バルブが過敏に反応している場合などがあります。マニュアルを参照して再設定してください。</p> |      |        |
| <p>【補足説明】</p> <p>※ システムのトラブル時には、その要因の発見に時間を要する場合があります。システムのトラブルによって施工が中断しないよう、バックアップの施工指示方法なども準備しておく必要があります。</p> |   |      |        |

### 6.2.2 データ作成範囲の設定ミス【MC（モータグレーダ）】

| 記号            | 施工 - ④  |      |        |
|---------------|---|------|--------|
| 質問者分類         | 利用者   | 質問種別 | トラブル対応 |
| 質問:Q          | ある位置にくると制御がうまくいかない場合の対応でどのような要因が考えられますか？  |      |        |
| 回答:A          | <p>要因として以下の事項が考えられます。参考にしてください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 設計データに間違いがある。<br/>各システムの設計データ作成ソフトウェアの多くに、設計データの確認ができる機能があります。入力ミスがないかどうか確認してください。大きな入力ミスは容易に発見できますが、僅かな入力値の間違いはデータを詳細にチェックする必要があります。</li> <li><input type="checkbox"/> 設計データの範囲外で作業を行っている。<br/>MC 施工に限らず、実施工では目的形状以外の範囲から材料を運んだり、盛りこぼした材料を集めたり、やや大きめの敷き均し後に整形したりします。3次元設計データを目的形状範囲のみ作成している場合は、これらの作業時に比較対象となる設計データがないことから制御に必要な差分データを算出できないため、制御ができない場合があります。<br/>設計データより大きめの範囲でデータ作成することをお奨めします。<br/>マストの位置座標を基本に対象となる基本設計データを求めている場合があります。</li> <li><input type="checkbox"/> 設計データの変化する位置とモータグレーダ側のマスト位置の不適合<br/>道路構造物などで、道路センターを中心に勾配を設定している場合、システムが設計との対比を行う位置によってブレードの勾配が変わります。</li> <li><input type="checkbox"/> ICT 施工では設計面を平面(3角形の集合)で分割しています。細かく分割すると曲面に相似した設計形状になりますが、角度や勾配が異なる集合体になるため、施工時には機械の移動に対して設計面の傾きが頻繁に変化することになり、MCの制御が安定しない場合もあります。設計面を不用意に細かくしないよう留意してください。</li> </ul> |      |        |
| <p>【補足説明】</p> |   |      |        |

6.2.3 計測機器設置のトラブル【MC（モータグレーダ）】

|       |   |      |        |
|-------|---|------|--------|
| 記号    | 施工  | ⑤    |        |
| 質問者分類 | 利用者   | 質問種別 | トラブル対応 |
| 質問:Q  | 「MC（モータグレーダ）技術」で利用する測位技術が正確に計測できていません。どのような原因が考えられますか。  |      |        |
| 回答:A  | <p>①RTK-GNSSとレーザなどにより高計測技術を組合せる場合の主な制約条件と発生する不具合例</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>高さ計測装置からMC側の受光部を視通できる範囲。<br/>         高さ計測装置から発信するレーザの受光できる範囲。<br/>         RTK-GNSSでは、基準局及びMC側で同じ衛星が5つ以上観測されている。<br/>         RTK-GNSSの基準局からの補正データを受信できる範囲。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 山間部などでは、衛星が補足できる時間や範囲を事前に調査します。</li> <li>□ RTK-GNSSの基準点、レーザなどの高さ計測装置は、揺れや振動の影響が無い場所に設置します。</li> <li>□ RTK-GNSSの基準局とMC側は無線通信による障害が無いことを確認します（空港周辺や高圧線、変電所周辺、国道脇などでは、通信が不安定な場合もある）。</li> <li>□ RTK-GNSSの場合は、周辺に高い構造物があると反射波によるマルチパスの影響を受ける場合もあります。</li> <li>□ 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、無償公開されているので、概ねの受信状況が予測できます。</li> <li>□ マルチパス対策の進んだGNSS受信機について、マルチパス対策を強化したGNSS受信機も開発されています。現場状況の調査が重要です。</li> </ul> <p>②自動追尾式TSを用いる場合の主な制約条件と発生する不具合例</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>自動追尾TSからMC側のプリズムを視通できる範囲。<br/>         自動追尾TSから発信する光波で測距できる距離。<br/>         自動追尾側で計測した3次元座標を、MC/MG側に無線送信できる範囲。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 自動追尾TSとMC側の間に、ダンプや他の建設機械が稼働するような場合は測位が途切れる場合があります。</li> <li>□ 自動追尾TSには計測距離の制限は無いが、距離が遠いほど計測誤差は大きくなります。</li> <li>□ 自動追尾TSとMC側のプリズムが近すぎると、プリズムの移動を追尾できない場合もあります。</li> <li>□ 自動追尾TSは不動点に設置する。揺れや振動の影響が無い箇所に設置します。</li> </ul> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p><b>視準の確保、移動局との距離に関する留意点</b></p> </div> <p><b>【留意点】</b><br/>         ※ 測位技術の特徴や現場条件による制約を踏まえ、事前調査に基づいてシステムの利用範囲を明確に整理しておくことがポイントです。</p> |      |        |

### 6.2.4 RTK-GNSS の利用上の留意点【MC（モータグレーダ）】

|        |  |      |     |
|--------|--|------|-----|
| 記号     | 施工 - ⑥   |      |     |
| 質問者分類  | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q   | RTK-GNSS 仕様を用いる場合、RTK-GNSS 基準局の設置時の留意点を教えてください。  |      |     |
| 回答:A   | <p>・RTK-GNSS 基準局は、「衛星捕捉状態」・「衛星電波の多重反射(マルチパス)」に留意して設置する必要があります。</p> <p style="text-align: center;"><b>衛星補足数の確保、マルチパスの回避に関する留意点</b></p> <p>※ <b>FIX</b>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。<br/>         ※ <b>FLOAT</b>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。</p>   |      |     |
| 【補足説明】 | <p>※ <u>衛星補足数の予測ソフトウェアについて</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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。</li> </ul> <p>※ <u>マルチパス対策の進んだ GNSS 受信機について</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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必要があります。</li> </ul> <p>※ <u>計測精度の確認方法について (GNSS を用いる場合)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現場内の座標既知点において、GNSS が正しい座標を計測できることを実測により確認してください。</li> </ul> |      |     |



マシンコントロール／  
マシンガイダンスブルドーザの  
現場対応集  
[施工者向け]

平成30年2月

## はじめに

国土交通省では、平成 25 年度より 10,000m<sup>3</sup>以上の土工を含む直轄工事で「TSを用いた出来形管理(土工編)」を使用原則化すると共に、①「TS を用いた出来形管理(土工編)(10,000m<sup>3</sup> 未満の土工)」、②「MC(モータグレーダ)技術」、③「MC/MG(ブルドーザ)技術」、④「MG(バックホウ)技術」、⑤「TS・GNSS による締固め管理技術」の5つの情報化施工技術を今後5ヶ年の一般化推進技術と位置づけて更なる普及促進に取り組んできました。

更に、H28 年度からは ICT 活用工事(土工)において MC/MG(3D)の活用を加速させています。

情報化施工技術の普及・推進に向けては、利用者が高度・高機能な技術を使いこなし、トラブルへの迅速な対応や機能の応用など、技術の持つ能力を最大限に活かすノウハウを修得することが不可欠です。

本現場対応集は、情報化施工技術の特徴を活かすノウハウの一部として、これまでの試験施工結果から、現場でのトラブル対応や工夫をとりまとめたものです。

また、「MC/MG(ブルドーザ)技術」については、技術の革新や機能の改良が進んでおり、本書でとりまとめた課題、課題への対応方法も適宜変わっていくことが想定されますが、本書は平成 29 年度時点の調査結果を元に、事例として整理しております。

# 目 次

|       |                               |    |
|-------|-------------------------------|----|
| 1.    | 現場対応集の構成と使い方                  | 1  |
| 2.    | MC/MG (ブルドーザ) 適用条件の事前調査       | 2  |
| 2.1   | MC (ブルドーザ) の選定                | 2  |
| 2.1.1 | システムの種類【MC (ブルドーザ)】           | 2  |
| 2.1.2 | 計測機器の選定【MC (ブルドーザ)】           | 3  |
| 2.1.3 | 通信機器の選定【MC (ブルドーザ)】           | 4  |
| 2.2   | MG (ブルドーザ) の選定                | 5  |
| 2.2.1 | システムの種類【MG (ブルドーザ)】           | 5  |
| 2.2.2 | 計測機器の選定【MG (ブルドーザ)】           | 6  |
| 2.2.3 | 通信機器の選定【MG (ブルドーザ)】           | 7  |
| 2.3   | 「MC/MG (ブルドーザ) 技術」の使い分け       | 8  |
| 2.4   | 調達                            | 9  |
| 2.4.1 | 必要な機器構成【MC (ブルドーザ)】           | 9  |
| 2.4.2 | 必要な機器構成【MG (ブルドーザ)】           | 10 |
| 2.4.3 | 必要な重機【MC/MG (ブルドーザ) 共通】       | 11 |
| 2.4.4 | 異なる開発会社の組合せ【MC/MG (ブルドーザ) 共通】 | 11 |
| 2.4.5 | 利用期間【MC/MG (ブルドーザ) 共通】        | 12 |
| 3.    | 計測精度確保                        | 13 |
| 3.1   | 性能                            | 13 |
| 3.1.1 | 性能【MC (ブルドーザ)】                | 13 |
| 3.1.2 | 性能【MG (ブルドーザ)】                | 14 |
| 3.2   | 性能の証明【MC/MG (ブルドーザ) 共通】       | 14 |
| 3.3   | 施工精度【MC/MG (ブルドーザ) 共通】        | 15 |
| 3.3.1 | 施工時の精度確認                      | 15 |
| 3.3.2 | 計測距離の制限                       | 15 |
| 4.    | 3次元設計データの作成【MC/MG (ブルドーザ) 共通】 | 16 |
| 4.1   | データの構成                        | 16 |
| 4.1.1 | データの種類                        | 16 |
| 4.1.2 | データの変換                        | 17 |
| 4.1.3 | データ作成に必要なソフトウェア               | 18 |
| 4.1.4 | 3次元設計データ作成上の留意点               | 19 |
| 4.1.5 | 3次元設計データ作成上の留意点               | 20 |
| 4.1.6 | 3次元設計データ作成上の留意点               | 21 |
| 4.2   | データの作成例【MC/MG (ブルドーザ) 共通】     | 22 |
| 4.2.1 | 複数層の3次元設計データを効率よく作成           | 22 |
| 4.2.2 | 線形構造物以外でのデータ作成                | 22 |
| 5.    | 必要な機器取り付け・初期設定                | 23 |
| 5.1   | 機器設置【MC (ブルドーザ)】              | 23 |
| 5.2   | 機器設置【MG (ブルドーザ)】              | 24 |
| 5.3   | キャリブレーション【MC/MG (ブルドーザ) 共通】   | 25 |
| 6.    | 施工                            | 26 |
| 6.1   | 施工および施工管理【MC/MG (ブルドーザ) 共通】   | 26 |
| 6.1.1 | 記載内容                          | 26 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 6.1.2 | 施工管理計画.....                               | 26 |
| 6.1.3 | MC/MG (ブルドーザ) 施工を想定した計画.....              | 26 |
| 6.2   | 施工中のトラブル.....                             | 27 |
| 6.2.1 | 自動制御のトラブル【MC (ブルドーザ)】 .....               | 27 |
| 6.2.2 | データ作成範囲の設定ミス【MC/MG (ブルドーザ) 共通】 .....      | 27 |
| 6.2.3 | 計測機器設置のトラブル【MC/MG (ブルドーザ) 共通】 .....       | 28 |
| 6.2.4 | RTK-GNSS の利用上の留意点【MC/MG (ブルドーザ) 共通】 ..... | 29 |

## 1. 現場対応集の構成と使い方

「MC(ブルドーザ)技術」は、「3次元設計データ」を搭載したブルドーザにより掘削・敷均し作業を行うことで、オペレータによる複雑な操作なしで排土板を自動制御して高精度な施工を実現するものです。

また、「MG(ブルドーザ)技術」は、「3次元設計データ」を搭載したブルドーザにより掘削・敷均し作業を行うことで、「3次元設計データと排土板との標高差等」の情報をオペレータに提供し、オペレータが排土板を操作するものです。

本技術は、現場作業の効率化・省人化の実現に多大な効果を発揮する技術です。しかし、本技術導入時に、最大の効果を得るためには、これまでとは違った準備作業や、運用体制を確立する必要があります。等、多くのノウハウが必要となります。

本技術は施工者が利用する技術であり、発注者より本技術の利用に対して制限を受ける事項はありません。しかし、履行の確認や品質確保の観点から、受・発注者で導入技術の確認や施工状況の把握を行う必要があります。これらを踏まえ、本書では、「MC/MG(ブルドーザ)技術」適用時の主要5パートについて、現場調査に基づき運用上の留意点や対応例を整理しました。


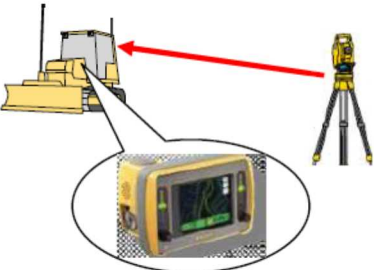


本書の構成

## 2. MC/MG（ブルドーザ）適用条件の事前調査

### 2.1 MC（ブルドーザ）の選定

#### 2.1.1 システムの種類【MC（ブルドーザ）】

| 記号            | 事前調査 - ①  |      |     |
|---------------|---|------|-----|
| 質問者分類         | 利用者   | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q          | 「MC(ブルドーザ)技術」のシステムを選定する際のポイントはどこ？   |      |     |
| 回答:A          | <p>・「MC(ブルドーザ)技術」は、主に盛土等の敷均し工に利用されます。仕上がりに要求される施工精度や当該現場の条件、機器の稼働台数に合わせて以下の計測装置を選択します。</p> <p>※いずれの測量機器でも、設計データの入力方法に差はありません。</p> <p>※いずれの測量機器でも、機器の設置や重機側のキャリブレーション作業に差はありません。</p> <p><b>【MGとの違い】</b></p> <p>・MCでは、排土板が設計面より下に下がらないため、オペレータの技能に関わらず過掘りを防止できる。</p> <p><b>【RTK-GNSS 仕様】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSS の場合は、RTK-GNSS の基準局1台につき、複数台のMC(ブルドーザ)の計測が可能です。</li> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSS は平面位置の計測、高さ計測を行うシステムです。</li> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSS の基準局は、「MC(ブルドーザ)技術」以外に「MG(ブルドーザ)技術」、「TS・GNSS による締固め管理技術」や、自主的な「GNSS を用いた出来形・出来高管理」にも活用が可能です(ただし、それぞれの移動局側システムは別途必要です)。</li> <li><input type="checkbox"/> 高さ精度が必要な場合は、レーザーレベル等高さ精度補完装置を利用できる場合もあります。</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; background-color: #e6f2ff;"> <p style="text-align: center; color: blue;"><b>重機用GNSS</b></p>  <p style="font-size: small;">測量機器(基準局) : 重機(移動局) = 1 : 多 のシステム<br/>高さの計測精度がTSに比べて劣る</p> </div> <div style="font-size: 2em;">+</div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; background-color: #ffe6e6;"> <p style="text-align: center; color: red;"><b>レーザーによる<br/>精度補完機能</b></p> <p style="font-size: small;">高精度を自動追尾<br/>TS並に向上</p> </div> </div> <p><b>【VRS 方式の RTK-GNSS の活用】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSS の方式の一つとして VRS 方式が利用できます。基準局の代わりに、携帯電話を通じて基準局相当の電波を受信する方式です(契約料と通信料がかかります)。</li> <li><input type="checkbox"/> 計測精度は RTK-GNSS と同等です。携帯電話などの電波状況により計測の可否が変化します。</li> </ul> <p><b>【自動追尾式 TS 仕様】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 自動追尾式 TS は、TS1台につき、1台の「MC(ブルドーザ)技術」の追尾・計測が可能です。</li> <li><input type="checkbox"/> TS から追尾可能な計測範囲は、自動追尾式 TS から移動局となるブルドーザのプリズムを遮らない範囲で、自動追尾式 TS から数百メートル程度の範囲で計測が可能です。</li> <li><input type="checkbox"/> 自動追尾式 TS には、MC 専用の機種の場合と、TS 出来形管理等の「MC(ブルドーザ)技術」以外の利用も可能な機種が存在しています。</li> </ul> <div style="text-align: right;">  </div> |      |     |
| <b>【補足説明】</b> | <p>※ RTK-GNSS の高さの計測値は±30～50mm 程度の幅で不連続に変動しています。利用目的として管理したい精度と比較して十分な計測精度と判断できる場合は、RTK-GNSS のみでも利用可能です。</p> <p>※ 自動追尾 TS では高さの計測値は±10mm 程度です。</p> <p>※ 「MC(ブルドーザ)技術」の導入だけで施工精度の向上や安定に繋がる訳ではありません。「MC(ブルドーザ)技術」はこの効果が得られる技術ではあるので、適切に機器・センサを管理した上で利用することが重要であり、仕上げ精度の確認は必須の項目です。</p> <p>※ 高精度な測量機器を選択しても、仕上げをどの程度まで実施するかによって施工精度は変化します。ただし、計測精度にセンサの誤差、施工誤差があるため、計測精度以上の仕上げ精度にはなりません。</p> <p>※ MC(ブルドーザ)は油圧バルブの制御を行うため、油圧バルブとシステムの接続が必要です。機種によっては対応していない場合もあるので、実施前にメーカーに確認することをお奨めします。</p>   |      |     |

## 2.1.2 計測機器の選定【MC（ブルドーザ）】

|       |  |      |     |
|-------|--|------|-----|
| 記号    | 事前調査 ②   |      |     |
| 質問者分類 | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q  | RTK-GNSS や自動追尾式 TS が適用できない現場条件はありますか？  |      |     |
| 回答:A  | <p>①RTK-GNSS の適用が難しい現場条件について</p> <p>RTK-GNSS は、測位衛星からの電波と地上の基準局からの電波を受信することで高精度な測位を行います。したがって、測位衛星からの電波および地上の基準局からの電波を受信できない場合には高精度な測位ができなくなります。また、RTK-GNSS では、移動局および基準局で同時に5つ以上の測位衛星を必要とします。</p> <p>【測位衛星からの電波が遮断される条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 移動局および基準局の上空が開けていない、山間地の谷間、高層ビル街(測位衛星が安定して5個以上補足できない。連続した計測ができない)。</li> <li><input type="checkbox"/> 衛星が5個以上補足できているが、測位衛星の配置が悪い(例えば、北側に山やビルなどがあり、全ての衛星が南側に偏っている)。</li> <li><input type="checkbox"/> 周辺に電波を反射する高い壁等がある(衛星の電波が反射され、計測が不安定)。</li> </ul> <p>【基準局からの電波が遮断される条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 違法無線などの高出力な無線が発信されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 類似のシステムなどで、同周波数帯の無線が多数利用されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 高圧電線や変電所周辺。</li> <li><input type="checkbox"/> 障害物などで無線通信が遮断されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 空港や航空基地周辺。</li> </ul> <p>②自動追尾式 TS の適用が難しい現場条件について</p> <p>自動追尾式 TS では、TS 本体から発信するレーザーが MCブルドーザに設置したプリズムによって反射する光を検知して追尾しています。したがって、レーザーが遮断される状況が発生すると自動追尾による計測ができなくなります。</p> <p>また、自動追尾式 TS は精密機器で、自己位置からの向きや角度から対象物の位置を算出しています。したがって、TS 本体が揺れたり傾いたりする場所では正確な計測ができません。</p> <p>【レーザーが遮断される条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 激しい降雨や降雪、濃霧(TS から発信するレーザー光が拡散してしまう)。</li> <li><input type="checkbox"/> ダンプ等が通行し、レーザーを遮断する。</li> </ul> <p>【自動追尾式 TS の正確な計測ができない条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 軟弱地盤上等で、重機の通行や作業の影響により TS 設置箇所が揺れる場所、あるいは変形する場所。</li> <li><input type="checkbox"/> 橋梁の梁上などの揺れがある場所。</li> <li><input type="checkbox"/> 凍上などで利用する基準点に変位が起こる場所。</li> </ul> |      |     |
| 【留意点】 | <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 無線の状況を分析する方法もありますが、上記のような無線は時間帯などによって大きく変化します。また、無線は目に見えないため、実際に工事を想定している時間帯に利用する無線機を活用して通信状況の確認を行うことをお奨めします。</li> <li>※ また、計測が安定している間に施工上の目安を簡易に設置(丁張りを代用する目印)することで、システムのトラブル時でも円滑な作業を行うことが可能です。</li> <li>※ VRS 方式でも基本的な事項は RTK と同様です。</li> </ul>  |      |     |

### 2.1.3 通信機器の選定【MC（ブルドーザ）】

|              |  |      |     |
|--------------|--|------|-----|
| 記号           | 事前調査 ー ③   |      |     |
| 質問者分類        | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q         | 「MC(ブルドーザ)技術」が上手く稼働しない条件はありますか？  |      |     |
| 回答:A         | <p>・「MC(ブルドーザ)技術」では RTK-GNSS 基地局からブルドーザの間、もしくは自動追尾 TS から MC(ブルドーザ)の間で測位位置に関する情報を無線通信しています。無線通信が混信や通信障害をおこす場合は、測位ができないためシステムが適切に稼働できません。</p> <p>・MC(ブルドーザ)と RTK-GNSS 基地局間の通信は、免許や申請の不要な特定省電力無線が多く利用されます。本無線は、通信障害の無い場所では 1km 程度の通信が可能ですが、無線の出力が小さいため、周辺環境の影響を受けやすいです。このため、使用にあたっては、周辺環境の調査が重要となります。</p> <p><b>【無線通信の障害が発生しやすい、あるいは無線通信の発生要因】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 違法無線などの高出力な無線が発信されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 類似のシステムなどで、同周波数帯の無線が多数利用されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 高圧電線や変電所周辺。</li> <li><input type="checkbox"/> 障害物などで無線通信が遮断されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 空港や航空基地周辺。</li> </ul> <p><b>【通信障害の確認方法】</b></p> <p>無線の状況を分析する方法もありますが、上記のような無線は時間帯などによって大きく変化します。また、無線は目に見えないため、実際に工事を想定している時間帯に利用する無線機を活用して通信状況の確認を行うことをお勧めします。</p> <p><b>【無線通信障害発生時の対応例】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 無線通信障害が多い場所では、免許や申請が必要な高出力な無線を利用する。</li> <li>※ 無線通信は、距離は離れると急激に出力が減衰します。無線障害をなくす方法として、RTK-GNSS 基準局と MC(ブルドーザ)間、もしくは自動追尾 TS と MC(ブルドーザ)間の距離を短くすることで対応できる場合もあります。</li> </ul> |      |     |
| <b>【留意点】</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 利用する無線の通信可能距離について、システムの調達段階でメーカーなどに良く確認しておきましょう。</li> <li>※ また、可能な場合は、現場の無線通信状況を事前に確認しておくことをお勧めします。</li> </ul>  |      |     |



## 2.2 MG（ブルドーザ）の選定

### 2.2.1 システムの種類【MG（ブルドーザ）】

|        |   |      |     |
|--------|---|------|-----|
| 記号     | 事前調査 - ④  |      |     |
| 質問者分類  | 利用者   | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q   | 「MG(ブルドーザ)技術」のシステムを選定する際のポイントはどこ？   |      |     |
| 回答:A   | <p>・「MG(ブルドーザ)技術」は、主に盛土等の敷均し工に利用されます。仕上がりに要求される施工精度や当該現場の条件、機器の稼働台数に合わせて以下の計測装置を選択します。</p> <p>※いずれの測量機器でも、設計データの入力方法に差はありません。</p> <p>※いずれの測量機器でも、機器の設置や重機側のキャリブレーション作業に差はありません。</p> <p><b>【MCとの違い】</b></p> <p>・MGでは、操作はオペレータの技能による。</p> <p><b>【RTK-GNSS仕様】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ RTK-GNSSの場合は、RTK-GNSSの基準局1台につき、複数台のMG(ブルドーザ)の計測が可能です。</li> <li>□ RTK-GNSSは平面位置の計測、高さ計測を行うシステムです。</li> <li>□ RTK-GNSSの基準局は、「MG(ブルドーザ)技術」以外に「MC(ブルドーザ)技術」、「TS・GNSSによる締固め管理技術」や、自主的な「GNSSを用いた出来形・出来高管理」にも活用が可能です。(ただし、それぞれの移動局側システムは別途必要です)</li> </ul> <div style="text-align: center;">  </div> <p><b>【VRS方式のRTK-GNSSの活用】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ RTK-GNSSの方式の一つとしてVRS方式が利用できます。基準局の代わりに、携帯電話を通じて基準局相当の電波を受信する方式です(契約料と通信料がかかります)。</li> <li>□ 計測精度はRTK-GNSSと同等です。携帯電話などの電波状況により計測の可否が変化します。</li> </ul> <p><b>【自動追尾式TS仕様】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 自動追尾式TSは、TS1台につき、1台の「MG(ブルドーザ)技術」の追尾・計測が可能です。</li> <li>□ TSから追尾可能な計測範囲は、自動追尾式TSから移動局となるブルドーザのプリズムを遮らない範囲で、自動追尾式TSから数百メートル程度の範囲で計測が可能です。</li> <li>□ 自動追尾式TSには、MG専用の機種の場合と、TS出来形管理等の「MG(ブルドーザ)技術」以外の利用も可能な機種が存在しています。</li> </ul> <div style="text-align: right;">  </div> |      |     |
| 【補足説明】 | <p>※ RTK-GNSSの高さの計測値は±30mm程度の幅で不連続に変動しています。</p> <p>※ 自動追尾TSでは高さの計測値は±10mm程度です。</p> <p>※ 「MG(ブルドーザ)技術」の導入だけで施工精度の向上や安定に繋がる訳ではありません。「MG(ブルドーザ)技術」はこの効果が得られる技術ではあるので、適切に機器・センサを管理した上で利用することが重要であり、仕上がり精度の確認は必須の項目です。</p> <p>※ 高精度な測量機器を選択しても、仕上げをどの程度まで実施するかによって施工精度は変化します。ただし、計測精度にセンサの誤差、施工誤差があるため、計測精度以上の仕上がり精度にはなりません。</p> <p>※ MG(ブルドーザ)では、最終的な仕上げの精度はオペレータの運転技術に左右されます。ただし、どの位置でも設計との高さや傾きの差が定量的に可視化されておりオペレータの養成期間も短縮されるといった評価もあります。</p> <p>※ MG(ブルドーザ)の場合は、油圧バルブの制御は行わないのでほとんどの機種に設置することが可能です。</p>   |      |     |

## 2.2.2 計測機器の選定【MG（ブルドーザ）】

| 記号   | 事前調査 ー ⑤   |      |     |
|--|--|------|-----|
| 質問者分類  | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q   | RTK-GNSS や自動追尾式 TS が適用できない現場条件はありますか？  |      |     |
| 回答:A   | <p>①RTK-GNSS の適用が難しい現場条件について</p> <p>RTK-GNSS は、測位衛星からの電波と地上の基準局からの電波を受信することで高精度な測位を行います。したがって、測位衛星からの電波および地上の基準局からの電波が受信できない場合には高精度な測位ができなくなります。また、RTK-GNSS では、移動局および基準局で同時に5つ以上の測位衛星を必要とします。</p> <p><b>【測位衛星からの電波が遮断される条件】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 移動局および基準局の上空が開けていない、山間地の谷間、高層ビル街(測位衛星が安定して5個以上補足できない。連続した計測ができない)。</li> <li><input type="checkbox"/> 衛星が5個以上補足できているが、測位衛星の配置が悪い(例えば、北側に山やビルなどがあり、全ての衛星が南側に偏っている)。</li> <li><input type="checkbox"/> 周辺に電波を反射する高い壁等がある(衛星の電波が反射され、計測が不安定)。</li> </ul> <p><b>【基準局からの電波が遮断される条件】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 違法無線などの高出力な無線が発信されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 類似のシステムなどで、同周波数帯の無線が多数利用されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 高压電線や変電所周辺。</li> <li><input type="checkbox"/> 障害物などで無線通信が遮断されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 空港や航空基地周辺。</li> </ul> <p>②自動追尾式 TS の適用が難しい現場条件について</p> <p>自動追尾式 TS では、TS 本体から発信するレーザーが MCブルドーザに設置したプリズムによって反射する光を検知して追尾しています。したがって、レーザーが遮断される状況が発生すると自動追尾による計測ができなくなります。</p> <p>また、自動追尾式 TS は精密機器で、自己位置からの向きや角度から対象物の位置を算出しています。したがって、TS 本体が揺れたり傾いたりする場所では正確な計測ができません。</p> <p><b>【レーザーが遮断される条件】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 激しい降雨や降雪、濃霧(TS から発信するレーザー光が拡散してしまう)。</li> <li><input type="checkbox"/> ダンプ等が通行し、レーザーを遮断する。</li> </ul> <p><b>【自動追尾式 TS の正確な計測ができない条件】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 軟弱地盤上等で、重機の通行や作業の影響により TS 設置箇所が揺れる場所、あるいは変形する場所。</li> <li><input type="checkbox"/> 橋梁の梁上などの揺れがある場所。</li> <li><input type="checkbox"/> 凍上などで利用する基準点に変位が起こる場所。</li> </ul> |      |     |
| <b>【留意点】</b>   |  |      |     |
| <p>※ 無線の状況を分析する方法もありますが、上記のような無線は時間帯などによって大きく変化します。また、無線は目に見えないため、実際に工事を想定している時間帯に利用する無線機を活用して通信状況の確認を行うことをお奨めします。</p> |  |      |     |

### 2.2.3 通信機器の選定【MG（ブルドーザ）】

|              |   |      |     |
|--------------|---|------|-----|
| 記号           | 事前調査 - ⑥  |      |     |
| 質問者分類        | 利用者   | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q         | 「MG(ブルドーザ)技術」が上手く稼働しない条件はありますか？   |      |     |
| 回答:A         | <p>・「MG(ブルドーザ)技術」では RTK-GNSS 基地局からブルドーザの間、もしくは自動追尾 TS から MG(ブルドーザ)の間で測位位置に関する情報を無線通信しています。無線通信が混信や通信障害をおこす場合は、測位ができないためシステムが適切に稼働できません。</p> <p>・ MG(ブルドーザ)と RTK-GNSS 基地局間の通信は、免許や申請の不要な特定省電力無線が多く利用されます。本無線は、通信障害の無い場所では 1km 程度の通信が可能ですが、無線の出力が小さいため、周辺環境の影響を受けやすいです。このため、使用にあたっては、周辺環境の調査が重要となります。</p> <p><b>【無線通信の障害が発生しやすい、あるいは無線通信の発生要因】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 違法無線などの高出力な無線が発信されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 類似のシステムなどで、同周波数帯の無線が多数利用されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 高圧電線や変電所周辺。</li> <li><input type="checkbox"/> 障害物などで無線通信が遮断されている。</li> <li><input type="checkbox"/> 空港や航空基地周辺。</li> </ul> <p><b>【通信障害の確認方法】</b></p> <p>無線の状況を分析する方法もありますが、上記のような無線は時間帯などによって大きく変化します。また、無線は目に見えないため、実際に工事を想定している時間帯に利用する無線機を活用して通信状況の確認を行うことをお勧めします。</p> <p><b>【無線通信障害発生時の対応例】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 無線通信障害が多い場所では、免許や申請が必要な高出力な無線を利用する。</li> <li>※ 無線通信は、距離は離れると急激に出力が減衰します。無線障害をなくす方法として、RTK-GNSS 基準局と MG(ブルドーザ)間、もしくは自動追尾 TS と MG(ブルドーザ)間の距離を短くすることで対応できる場合もあります。</li> </ul> |      |     |
| <b>【留意点】</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 利用する無線の通信可能距離について、システムの調達段階でメーカーなどに良く確認しておきましょう。</li> <li>※ また、可能な場合は、現場の無線通信状況を事前に確認しておくことをお勧めします。</li> </ul>   |      |     |

### 2.3 「MC/MG（ブルドーザ）技術」の使い分け

| 記号    | 事前調査 - ⑦   |      |     |
|-------|--|------|-----|
| 質問者分類 | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q  | MC(ブルドーザ)とMG(ブルドーザ)の違いは何ですか?また、両技術を選択するためのポイントはありますか?  |      |     |
| 回答:A  | <p><b>【MC(ブルドーザ)とMG(ブルドーザ)の違い】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ MC(ブルドーザ)では、排土板が3次元設計データに基づき自動制御されます。</li> <li>□ MG(ブルドーザ)では、3次元設計データに基づく設計との標高差等の情報をオペレータに提供し、これを踏まえオペレータが排土板を操作します。</li> <li>□ システム構成はほぼ同じですが、MCではMGに比べて自動制御のための油圧制御システムを追加する必要があります。このため、システムの購入・レンタル費用が異なります。(MC&gt;MG)</li> <li>□ MC(ブルドーザ)では自動制御するため適合可能な機種が限定(油圧バルブを改造しないで接続できる機種)されています。</li> <li>□ MG(ブルドーザ)は外部のセンサとモニタを設置するだけです。ほとんどの機種に設置が可能です(センサ設置のための治具等の溶接を伴う)。</li> </ul> <p><b>【MC(ブルドーザ)とMG(ブルドーザ)を選択するポイント】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ MG(ブルドーザ)では、排土板の操作はオペレータが全て行います。</li> <li>□ 重機操作に不慣れなオペレータで、高精度な施工を行いたい場合は、MC(ブルドーザ)をお勧めします。</li> <li>□ 熟練オペレータがMC(ブルドーザ)を利用するとさらに効率的との意見もあります。</li> <li>□ 例えば駐車場といった広いヤードで周辺構造物が少なく、トンボ・丁張りを多く必要とする条件で、短期間の施工が必要な場合は、作業の効率化の観点ではMC(ブルドーザ)が有利です。</li> <li>□ オペレータの熟練度が低い場合や、目的構造物の要求精度が高い場合もMC(ブルドーザ)が有効です。</li> </ul> |      |     |
|       | <p><b>【留意点】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>※ MC(ブルドーザ)で高く積まれた盛土材を敷均す場合には、排土板の自動制御をOFFにして荒均しし、ある程度平らに敷き均した後に自動制御を活用すると効果的です(当初から目標高さで自動制御すると、過負荷状態でスリップなどが発生し、施工がスムーズに進みません)。</li> <li>※ 上記以外にも、荒均し時はオフセット機能を用いて仕上げより高い目標で活用する方法もあります。</li> </ul>   |      |     |

## 2.4 調達

### 2.4.1 必要な機器構成【MC（ブルドーザ）】

|       |  |      |      |
|-------|--|------|------|
| 記号    | 調達 ①   |      |      |
| 質問者分類 | 利用者  | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q  | 「MC(ブルドーザ)技術」に必要な機器構成を教えてください。   |      |      |
| 回答:A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>自動追尾式 TS を利用する場合と RTK-GNSS を使う場合で、基準局側の構成が異なりますが、移動局(ブルドーザ)側の構成は、GNSS アンテナとプリズムの違い以外に大きな違いはありません。</li> <li>RTK-GNSS の方式の一つとして VRS 方式が利用できます。基準局の代わりに、携帯電話を通じて基準局相当の電波を受信する方式です(契約料と通信料がかかります)。</li> <li>重機側の油圧を制御するために電磁バルブとの接続が必要となります。利用する重機が MC 制御に対応した油圧バルブを搭載しているかどうか、メーカーに確認が必要です。対応していない場合は、新たにバルブの改造が必要となります(高額となる場合があります)。</li> </ul> <p>【MC システムの機器構成例】</p> <p>※最近の TS では、①、②、③を内蔵した一体型もあります。</p> <p>※MC では施工機械の油圧バルブを制御する必要があり、油圧バルブの種類(機械の型式、年式)によって、そのままではシステムの接続ができない場合があります。</p> <p>【システムの供給メーカーについて】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 平成 29 年度現在、「MC(ブルドーザ)技術」として市販されているシステムは、トプコン、ニコン・トリンプル、ライカジオシステムズ等の計測機器メーカーや代理店の他、コマツや CAT 等が機械にセンサ等を標準搭載したものを販売しています。</li> <li>※ レンタルでは、西尾レントオール、アクティオ、ニッケン、カナモト、ジオサーフ、日立建機などの主要なレンタル会社でも扱っています。</li> <li>※ 最近の新機種では、MC(ブルドーザ)に対応したバルブを搭載していますが、大型のブルドーザの耐久年数が長いので、MC に対応しない油圧バルブのブルドーザも多く残存しています。</li> <li>※ VRS 方式では、現場の基準局は不要ですが、補正情報の配信契約と通信料が発生します。基準局のレンタル費と、VRS 方式での通信費や契約費を比較してみると良いでしょう。最近では定額の通信サービスや複数台への配信などのオプションが設定されています。詳細はメーカーに問い合わせてください。</li> </ul> |      |      |

## 2.4.2 必要な機器構成【MG（ブルドーザ）】

|       |   |      |      |
|-------|---|------|------|
| 記号    | 調達  | —    | ①    |
| 質問者分類 | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q  | 「MG(ブルドーザ)技術」に必要な機器構成を教えてください。  |      |      |
| 回答:A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>自動追尾式 TS を利用する場合と RTK-GNSS を使う場合で、基準局側の構成はやや異なりますが、移動局(ブルドーザ)側の構成は、GNSS アンテナとプリズムの違い以外に大きな違いはありません。</li> <li>重機側の油圧制御は行わないため、ほとんどのブルドーザに搭載することができます。</li> </ul> <p>【MG システムの機器構成例】</p> <p>※最近の TS では、①、②、③を内蔵した一体型もあります。</p> <p>【システムの供給メーカーについて】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 平成 29 年度現在、「MG(ブルドーザ)技術」として市販されているシステムは、トプコン、ニコン・トリプル、ライカジオシステムズ、ジオサーフ等の計測機器メーカー・ソフトウェア開発会社とその代理店の他、コマツや CAT 等が機械にセンサ等を標準搭載したものを販売しています。</li> <li>※ レンタルでは、西尾レントオール、アクティオ、ニッケン、カナモト、ジオサーフ、日立建機などの主要なレンタル会社でも扱っています。</li> <li>※ MG については後付けのシステムでも可能なため、今後、様々なメーカーなども増えていくと想定されます。</li> <li>※ VRS 方式では、現場の基準局は不要ですが、補正情報の配信契約と通信料が発生します。基準局のレンタル費と、VRS 方式での通信費や契約費を比較してみると良いでしょう。最近では定額の通信サービスや複数台への配信などのオプションが設定されています。詳細はメーカーに問い合わせてください。</li> </ul> |      |      |

### 2.4.3 必要な重機【MC/MG（ブルドーザ）共通】

|  |   |      |      |
|--|---|------|------|
| 記号   | 調達 ②  |      |      |
| 質問者分類  | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q   | システムと重機を別々に調達しても問題ありませんか？   |      |      |
| 回答:A   | <p>・MC/MG を構成する各種機器・センサは、ブルドーザに後付けすることが可能です。このため、重機とシステムを別々に調達することも可能です(保有重機を含む)。ただし、以下の留意点があります。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ プリズムやアンテナを装着するマストなどを装着する必要があり、重機にこれらの装置を取り付けるための治具(台座)を溶接する必要があります。</li> <li>□ MC システムでは、重機本体の油圧を自動制御します。重機の油圧制御とシステムのマッチングが必要になるため、MC システムに対応しているかどうかは重機メーカーおよびシステムメーカーに確認が必要です。</li> <li>□ MC システムに対応していないバルブを搭載しているブルドーザの場合は、新たにバルブの改造が必要になります(高額となる場合があります)。</li> <li>□ 最近の新機種では、MC(ブルドーザ)に対応したバルブを搭載していますが、大型のブルドーザの耐久年数が長い場合、MCに対応しない油圧バルブのブルドーザも多く残存しています。</li> </ul> |      |      |
| <p><b>【留意点】</b></p> <p>※ MC システムに対応している油圧バルブを搭載しているブルドーザを所有(手配)している場合は、MG システムとのケーブルを接続するだけで MC システムに変更可能です。</p> |   |      |      |

### 2.4.4 異なる開発会社の組合せ【MC/MG（ブルドーザ）共通】

|   |   |      |      |
|---|---|------|------|
| 記号  | 調達 ③  |      |      |
| 質問者分類   | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q  | 他社システムとの組み合わせは可能ですか？  |      |      |
| 回答:A  | <p>・自動追尾式 TS の応答性、制御のなめらかさなど開発各社の技術開発競争が進められており、現状では、他社システムとの組み合わせは補償されていません。</p> <p>・ただし、センサを設置するための治具などは、ボルトの位置や径が合致すれば転用が可能です。</p> |      |      |
| <p><b>【留意点】</b></p> <p>※ 同一メーカーのシステムでも、バージョンなどによってシステム間に互換性がない場合もありますので、システム提供メーカーに確認することをお奨めします。</p> |   |      |      |

#### 2.4.5 利用期間【MC/MG（ブルドーザ）共通】

|   |   |      |     |
|---|---|------|-----|
| 記号  | 調達  | —    | ④   |
| 質問者分類   | 利用者   | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q  | システムの導入までの準備期間はどの程度ですか  |      |     |
| 回答:A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ システムに必要なセンサ類を装着する治具が設置されていない場合は、工場での溶接作業等が必要です。</li> <li>・ 上記の準備が済み、MC システムの手配が完了すれば、MC システムの搭載可能なブルドーザにセンサ類を装着するのに要する時間は、0.5～1 日程度で設置可能です(トラブルや不具合の発生が無い場合)。</li> <li>・ 上記と同様に、MG システムの手配が完了すれば、MG システムの搭載可能なブルドーザにセンサ類を装着するのに要する時間は、0.5～1 日程度で設置可能です(トラブルや不具合の発生が無い場合)。</li> <li>・ データの搭載や試運転調整、操作の慣れを考慮すると、準備期間として 2～3 日程度の余裕を見込んでおくことをお勧めします。</li> </ul> |      |     |
| <b>【留意点】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>※ MC/MG の違いで、機材のセットアップ時間に大きな差はありません。油圧システムとのマッチングの調整は1 時間程度です(トラブルがない場合)。</li> <li>※ 利用する重機が、過去に改造されていたりすると接続できない場合があります。</li> <li>※ システムの試運転などを行うために、事前に試運転用の設計データを準備しておくことをお勧めします。</li> </ul> |   |      |     |



### 3. 計測精度確保

#### 3.1 性能

##### 3.1.1 性能【MC（ブルドーザ）】

|       |   |      |      |
|-------|---|------|------|
| 記号    | 精度確保 ー ①  |      |      |
| 質問者分類 | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q  | 利用する測位システムで、どの程度の施工精度が確保できますか？  |      |      |
| 回答:A  | <p>【施工精度からの測位技術の選定ポイント】</p> <p>①RTK-GNSS を用いる場合の精度について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 垂直方向精度は±30～50mm 程度とされています。RTK-GNSS では、衛星数が増えることで測位の安定性向上が期待できますが、精度が向上する訳ではありません。</li> <li>□ RTK-GNSS では、利用する衛星の配置状況によっても測位の安定性は変化します(衛星の配置状況を確認する指標に DOP 値があります。DOP 値は小さい方が衛星の配置が良い状態を指します)。</li> <li>□ 「MC(ブルドーザ)技術」は測位技術の計測結果に基づいて制御を実施しており、測位技術の精度以上の施工精度は実現しません。要求精度に応じた測位技術の選定が重要です。</li> </ul> <p>②VRS 方式の活用について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ RTK-GNSS の方式の一つとして VRS 方式が利用できます。基準局の代わりに、携帯電話を通じて基準局相当の電波を受信する方式です(契約料と通信料がかかります)。</li> <li>□ 計測精度は RTK-GNSS と同等です。携帯電話などの電波状況により計測の可否が変化します。</li> </ul> <p>③自動追尾 TS を用いる場合の精度について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ TS 本体の計測精度は、測角精度は2秒～10 秒程度が多い。</li> <li>□ このことから、TS の場合は、計測距離の増加にともない計測誤差が大きくなることに注意。</li> <li>□ 自動追尾式 TS では TS から重機までの距離が 300m 程度まで計測が可能と言われています。しかし、下記のような距離による誤差が含まれるため、活用の範囲を検討することが重要です。</li> </ul> <div style="text-align: center;"> <p>角度精度と高さ精度の関係</p> </div> |      |      |
| 【留意点】 | <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 利用する測位技術が要求する施工精度に十分か吟味して選定してください。</li> <li>※ 利用する測位技術の精度が高くても、施工上の管理方法次第で高精度な施工が実現するか左右されます。</li> </ul>   |      |      |

### 3.1.2 性能【MG（ブルドーザ）】

|       |   |      |      |
|-------|---|------|------|
| 記号    | 精度確保 — ②  |      |      |
| 質問者分類 | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q  | 利用する測位システムで、どの程度の施工精度が確保できますか？  |      |      |
| 回答:A  | <p>【施工精度からの測位技術の選定ポイント】</p> <p>①RTK-GNSS を用いる場合の精度について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 垂直方向精度は±30～50mm 程度とされています。RTK-GNSS では、衛星数が増えることで測位の安定性向上が期待できますが、精度が向上する訳ではありません。</li> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSS では、利用する衛星の配置状況によっても測位の安定性は変化します(衛星の配置状況を確認する指標に DOP 値があります。DOP 値は小さい方が衛星の配置が良い状態を指します)。</li> <li><input type="checkbox"/> MG(ブルドーザ)は測位技術の計測結果に基づいて操作支援情報を提供しており、測位技術の精度以上の施工精度は実現しません。このため、要求精度に応じた測位技術の選定が重要です。</li> </ul> <p>②VRS 方式の活用について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSS の方式の一つとして VRS 方式が利用できます。基準局の代わりに、携帯電話を通じて基準局相当の電波を受信する方式です(契約料と通信料がかかります)。</li> <li><input type="checkbox"/> 計測精度は RTK-GNSS と同等です。携帯電話などの電波状況により計測の可否が変化します。</li> </ul> <p>③自動追尾 TS を用いる場合の精度について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> TS 本体の計測精度は、測角精度は2秒～10 秒程度が多い。</li> <li><input type="checkbox"/> このため、TS の場合は、計測距離の増加にともない計測誤差が大きくなることに注意。</li> <li><input type="checkbox"/> 自動追尾式 TS では TS から重機までの距離が 300m 程度まで計測が可能とされています。しかし、下記のような距離による誤差が含まれるため、活用の範囲を検討することが重要です。</li> </ul> <div style="text-align: center;"> <p>角度精度と高さ精度の関係</p> </div> |      |      |
| 【留意点】 | <p>※ 利用する測位技術が要求する施工精度に十分か吟味して選定してください。</p> <p>※ 利用する測位技術の精度が高くても、施工上の管理方法次第で高精度な施工が実現するか左右されます。</p>  |      |      |

### 3.2 性能の証明【MC/MG（ブルドーザ）共通】

|       |  |      |     |
|-------|--|------|-----|
| 記号    | 精度確保 — ②   |      |     |
| 質問者分類 | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q  | MC の利用にあたって、システムの精度を証明する資料等の提出は必要ですか？  |      |     |
| 回答:A  | <p>・ MC の活用においては、計測機器に関する公的な校正証明書や検定証を添付する必要はありません。</p> <p>・ ただし、MC 技術では、測位技術の精度、傾斜計などのセンサ精度、機械のガタつき、排土板の摩耗・損耗などが施工誤差の要因となります。利用機器単体の精度に加えて、トータルでの精度を確保する方法を計画し、施工精度を確認することをお奨めします。</p> <p>★3.3.1 参照</p> |      |     |
| 【留意点】 |  |      |     |

### 3.3 施工精度【MC/MG（ブルドーザ）共通】

#### 3.3.1 施工時の精度確認

| 記号           | 精度確保 - ③   |      |     |
|--------------|--|------|-----|
| 質問者分類        | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q         | MCの精度を確認する簡単な方法はありませんか？  |      |     |
| 回答:A         | <p>・ MCの活用においては、始業前などに既存の丁張りや検測用の基準点を設けて確認します（確認例①）。</p> <p>・ オペレータモニタ上に表示される排土板刃先の座標データと同位置で取得したTSでの計測結果を比較する方法などがあります（確認例②）。</p> <p>確認例①<br/>基準点でチェックする。</p> <div data-bbox="507 696 1225 1010" data-label="Image"> </div> <p>確認例②<br/>TSでチェックする。</p> <div data-bbox="523 1099 1209 1442" data-label="Image"> </div> |      |     |
| <b>【留意点】</b> |  |      |     |

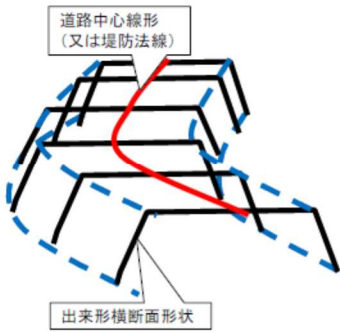
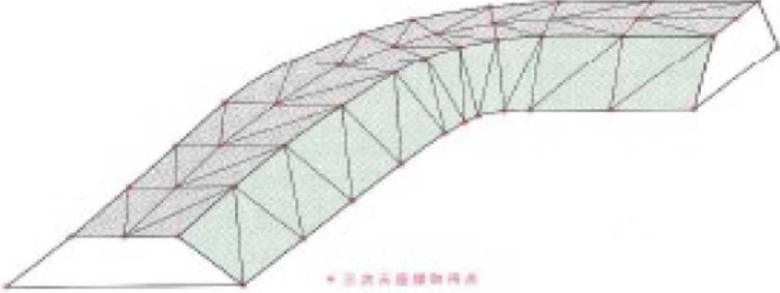
#### 3.3.2 計測距離の制限

| 記号  | 精度確保 - ④   |      |     |
|---|--|------|-----|
| 質問者分類   | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q  | MCの利用にあたって、自動追尾TSからの計測距離に制限はありますか？   |      |     |
| 回答:A  | <p>・ MCの活用において、計測距離の制限はありません。ただし、施工結果の精度については、MCの導入とは関係なく施工管理を実施して精度を確認してください。</p> |      |     |
| <b>【留意点】</b>  |  |      |     |
| <p>※ MCの導入による施工結果の精度確認(施工管理)の頻度低減などはありません。施工管理にTSを用いた出来形管理も利用することが可能です。</p> |  |      |     |

#### 4. 3次元設計データの作成【MC/MG（ブルドーザ）共通】

##### 4.1 データの構成

###### 4.1.1 データの種類

|        |   |      |      |
|--------|---|------|------|
| 記号     | データ作成 - ①   |      |      |
| 質問者分類  | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q   | 3次元設計データには、路線ファイル、TIN ファイルなどがあります。これらの違いを教えてください。   |      |      |
| 回答:A   | <p>・「路線ファイル」は中心線と横断形状の組み合わせで表現した形状です。</p> <p>・駐車場、広場、飛行場等の面的な形に対する施工管理が求められる舗装工事では、線形情報ではなく、高さや水勾配のコントロールポイントを抽出して作成するTINファイルを利用することが有利な場合があります。</p> <p>【路線ファイル、TIN ファイルのイメージ】</p> <p><input type="checkbox"/> <u>路線ファイルイメージ</u></p>  <p><input type="checkbox"/> <u>TIN ファイルイメージ</u></p>  <p>※出典： 情報化施工の実務(一般社団法人 日本建設機械施工協会)</p> |      |      |
| 【補足説明】 | <p>※ TS による出来形管理にて作成した基本設計データの MC/MG 技術での使用について</p> <p>TS による出来形管理にて作成した基本設計データをそのまま MC/MG 技術で用いることは通常はできませんが、「基本設計データ作成ソフトウェア」によっては、3次元設計データの作成が容易となるデータ変換が可能な場合があります。詳細は、「基本設計データ作成ソフトウェア」及び「3次元設計データ(MC用設計データ)作成ソフトウェア(あるいは変換ソフトウェア)」の入出力可能なファイルを参照してください。</p>   |      |      |

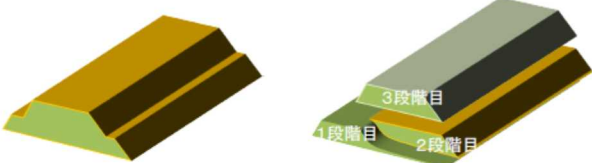
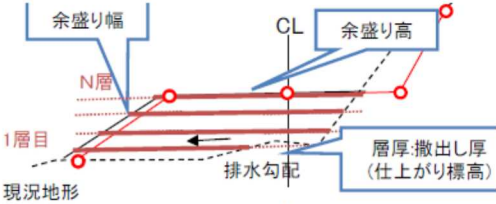
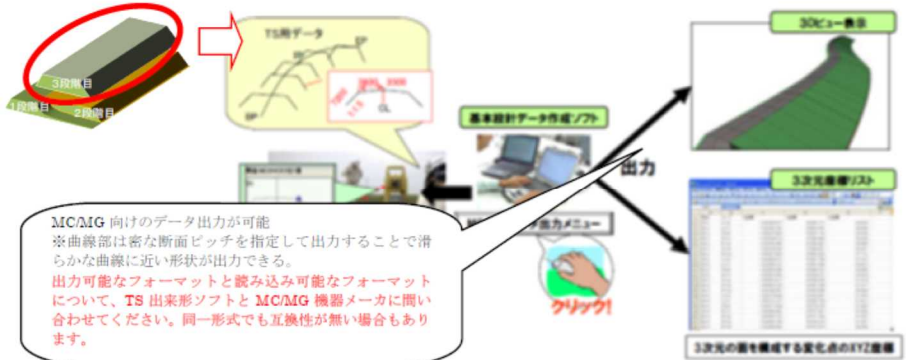
#### 4.1.2 データの変換

|        |   |      |      |
|--------|---|------|------|
| 記号     | データ作成 ②   |      |      |
| 質問者分類  | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q   | 路線データから TIN ファイルへ変換する手順を教えてください。  |      |      |
| 回答:A   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 路線データと横断面データから TIN データの頂点となる 3 次元座標を算出し、これをソフトウェアに読み込むことで作成します。</li> <li>• 具体的な作成方法は、設計図書等の状況(紙媒体、2次元 CAD データ、3 次元 CAD データ)や各メーカーのソフトウェアにより異なります。</li> <li>• ソフトウェアの操作方法の習得にあたっては、機器メーカーやリース・レンタル会社にて実施しているセミナーへの参加やデータ作成指導等のサービスを利用することを推奨します。</li> </ul> <p>【TIN ファイルの作成手順とイメージ】</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p><b>作成手順</b></p> <p>平面線形のメッシュ分割</p> <p>↓</p> <p>X座標、Y座標、Z座標の取得</p> <p>↓</p> <p>設計データ作成ソフトへの座標データ読込、TINデータ化</p> </div> <div style="flex: 2;"> </div> </div> <p>※出典： 情報化施工の実務(一般社団法人 日本建設機械施工協会)</p> |      |      |
| 【補足説明】 |   |      |      |

#### 4.1.3 データ作成に必要なソフトウェア

|              |  |      |      |
|--------------|--|------|------|
| 記号           | データ作成 ③  |      |      |
| 質問者分類        | 利用者  | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q         | 3次元設計データ作成に必要なソフトウェアを教えてください。専用のソフトウェアが必要ですか？  |      |      |
| 回答:A         | <p>・ 現状では、各社のシステムで最終的に読み込むデータフォーマットが異なっており、MC/MG システムに付属するソフトウェア上で専用のデータに変換して利用しています。</p> <p>・ また、3次元座標データ、3D面データにおいても、出力・入力可能なフォーマットが個別にあるので、専用のソフトウェア以外を利用する場合でも互いの互換性を確認しておく必要があります。</p> <p><b>【MC/MG用のデータ作成の流れの例】</b></p> <p>現状は、2次元の設計図面から必要なデータを抽出し、3DCADや測量計算ソフトで3次元座標を算出した後にMC/MG用の付属ソフトウェアにデータを移してMC用データとする場合や路線データからMC/MG用の付属ソフトウェアでデータを作成します。</p> <p>この他にも、汎用の2DCADから平面座標と高さを個別に算出して、MC/MG用の付属ソフトウェアに入力する方法等もあります。</p> <p><b>①要素データ(スケルトン)を入力し、面データの頂点座標(x,y,z)を算出</b></p> <p><b>②面データの頂点座標(x,y,z)を入力して面データを構築</b></p> <p><b>③面データをMC用データに変換、MCへ搭載</b></p> <p>路線データ → 3D座標データ → 3D面データ → MC用データ</p> <p>2DCADソフト(汎用) → MC用の付属ソフトウェア<br/>         2DCADソフト(汎用) → 3DCADソフト(道路設計)<br/>         2DCADソフト(汎用) → 測量計算ソフト</p> |      |      |
| <b>【留意点】</b> | <p>※ 各社のシステム(付属ソフトウェアを含む)については、市場のニーズによる技術改良が日進月歩で実施されており、詳細については利用するシステムメーカーに確認してください。</p>  |      |      |

#### 4.1.4 3次元設計データ作成上の留意点

|       |  |      |      |
|-------|--|------|------|
| 記号    | データ作成 - ④  |      |      |
| 質問者分類 | 利用者  | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q  | TS 出来形の 3次元設計データ作成を活用できませんか。   |      |      |
| 回答:A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>3次元設計データには、出来形の検査を対象とした形状と施工途中の丁張りを代替する形状があります。TS 出来形は前者の形状を対象としているのに対し、MC/MG では多くの場合後者のデータが用いられています。</li> <li>MC/MG の 3次元設計データは、施工手順や作業の段取りに合わせて用いられるため、最終的な検査対象の 3次元形状がそのまま利用できる場面は多くありません。</li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p>完成形状(左) と 施工段階の形状(右)</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>さらに、施工段階では作業の為に幅方向への余裕(施工時は大きめの敷均しを行い整形作業で削る)などを設定します(データの範囲外に MC/MG 機械が達すると制御データ範囲外となり MC や MG 機能が作動しない場合があります)。</li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p>出来形形状と施工のための余裕</p> </div> |      |      |
| 【留意点】 | <p>※ 上記のことを踏まると、TS 出来形のデータをそのまま利用する場面は多くありません。ただし、TS 出来形ソフトを利用し、上記の様な設計データ(横断形状)を入力することで、MC/MG 用の設計データを作成することが可能な場合があります。TS 出来形の設計データ作成ソフトのメーカーに問い合わせることをお勧めします。</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>MC/MG 向けのデータ出力が可能<br/>※曲線部は密な断面ピッチを指定して出力することで滑らかな曲線に近い形状が出力できる。<br/>出力可能なフォーマットと読み込み可能なフォーマットについて、TS 出来形ソフトと MC/MG 機器メーカーに問い合わせてください。同一形式でも互換性が無い場合もあります。</p> </div> </div>   |      |      |

#### 4.1.5 3次元設計データ作成上の留意点

|       |   |      |      |
|-------|---|------|------|
| 記号    | データ作成 - ④   |      |      |
| 質問者分類 | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q  | 横断面だけでは設計図の形状が再現できない。   |      |      |
| 回答:A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>敷き均し作業では、構造物の3D形状を精緻に再現する必要は無い場合が多いです。目的に応じてできるだけシンプルな形でデータを作成する方法を検討しましょう。</li> <li>下図の左は、盛土の形状に合わせて各層のデータを作成していますが、右では施工段階の排水勾配・集水を考慮し、基面となる1面のみデータを作成し平面の位置は施工範囲をカバーする大きさに設定しています。</li> <li>施工中は、平面位置は現場の丁張りや、元地盤とのすり付けで判断して作業をすることが可能です。</li> </ul> <div style="text-align: center;"> </div> |      |      |

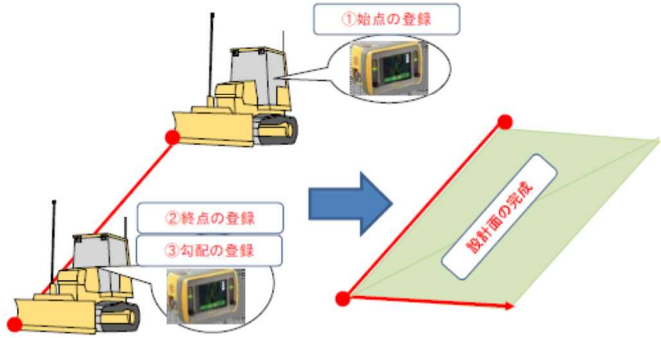
#### 【留意点】

- ※ 平面的な位置関係を補足する機能として、MC/MG のモニタ画面の背景に平面図を挿入することもできます。
- ※ 平面図の挿入に当たっては、CAD図の縮尺や位置、向きを現場座標系に合わせておくことが重要です。





#### 4.1.6 3次元設計データ作成上の留意点

|       |   |      |      |
|-------|---|------|------|
| 記号    | データ作成 - ④   |      |      |
| 質問者分類 | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q  | 現場合わせのデータ作成方法はありませんか。   |      |      |
| 回答:A  | <p>MC/MGは3次元の設計データを事前に作成することで複雑な形状でも丁張り無しで施工を行うことが可能です。現場合わせの場合でも下記②のような手順で3次元データを作成します。ただし、単純な形状(基準線と片勾配)程度であれば、現場でのデータ作成も可能です。また、下記①の方法も可能です。</p> <p>①測量データが全く無い場合</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>現場ですり付けたい始点と終点に移動して座標計測と登録を行い、直線区間の左右に勾配を設定することで平面の設計データを作成することができます。</li> </ul>  <p>②現場の測量データがある場合</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>擦りつけが必要な構造物の位置をTS等により3次元計測し、これを元に設計データを作成することができます。</li> </ul>  |      |      |
| 【留意点】 |   |      |      |

## 4.2 データの作成例【MC/MG（ブルドーザ）共通】

### 4.2.1 複数層の三次元設計データを効率よく作成

|       |   |      |     |
|-------|---|------|-----|
| 記号    | データ作成 - ⑤   |      |     |
| 質問者分類 | 利用者   | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q  | 「MC/MG(ブルドーザ)技術」で複数層の施工を行う場合、各層の設計データを作成する必要がありますか？   |      |     |
| 回答:A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>設計データの作成方法は、施工者の任意ですが、下図の様に各層のデータを作成する場合と、基準面の設計データだけを作成する場合があります。</li> <li>実際の施工では、設計幅より外側から材料を寄せる作業なども発生するため、3次元設計データは施工幅よりも数m程度大きめに作成することをお奨めします。</li> </ul> <div style="text-align: center;"> </div> <p>ただし、路盤施工の幅が各層で異なるので、幅については別途、幅杭などで管理する必要があります。</p> |      |     |
| 【留意点】 | <ul style="list-style-type: none"> <li>※ MC(ブルドーザ)システムでは、稼働中はオペレータ席のモニタに測位システムの稼働状況、排土板刃先位置と三次元設計データとの高さの差が表示されています。しかし、3次元設計データとしてどのようなデータが入力されているかを把握していなければ、施工状況の良否や進捗の把握に活用することはできません。</li> <li>※ データ提出の義務はありませんが、作成範囲、方法について把握しておくことがポイントです。</li> </ul>  |      |     |

### 4.2.2 線形構造物以外でのデータ作成

|       |  |      |      |
|-------|--|------|------|
| 記号    | データ作成 - ⑥  |      |      |
| 質問者分類 | 利用者  | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q  | 既に周辺に構造物が設置されており、これに合わせた施工が必要な場合の設計データを作成する方法を教えてください。   |      |      |
| 回答:A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>擦りつけが必要な構造物の位置をTS等により3次元計測し、これを元に設計データを作成することができます。</li> </ul> <div style="text-align: center;"> </div> |      |      |
| 【留意点】 |  |      |      |

## 5. 必要な機器取付け・初期設定

### 5.1 機器設置【MC（ブルドーザ）】

|        |   |      |      |
|--------|---|------|------|
| 記号     | 機器設置 - ①  |      |      |
| 質問者分類  | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q   | 建設機械への機器の取付け方を教えてください。  |      |      |
| 回答:A   | <p>・最初にMC(ブルドーザ)システムの構成機器を建設機械に取付けます。その後、重機の機種やセンサ類の設置位置(マストの高さや機械幅等)を入力し、最後にセンサのキャリブレーションと油圧制御の調整を行います。</p> <p>※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、機械の種類や機械の幅等の初期値の入力が実施済みの場合が多いです。</p> <p>【機器取付の内容】</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 20px;"> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">機器取付の流れ</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; margin-bottom: 10px;">工場等での事前取付</div> <div style="text-align: center; font-size: 2em;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">現場での取付</div> </div> <div style="border: 1px solid #0070c0; padding: 5px; width: 250px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>・排土板を制御するバルブ</li> <li>・センサ類</li> <li>・各機器を接続するケーブル</li> <li>・コントロールボックスは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)</li> </ul> </div> </div> <div style="border: 1px solid #0070c0; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>【車内への機器取付け】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・車載PC(コントロールボックス)</li> <li>※ケーブルでバルブ、センサ類と接続する</li> <li>・無線受信機</li> <li>※ケーブルで車載PCと接続する</li> </ul> </div> <div style="border: 1px solid #0070c0; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>【車外への機器取付け】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・全周プリズム(ポール付き)(TSの場合)</li> <li>・GNSSアンテナ(GNSSの場合)</li> </ul> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> </div> <p>※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ます。</p> |      |      |
| 【補足説明】 | <p>※ 実施手順の詳細は、各開発メーカーのマニュアルで確認してください。</p>   |      |      |

## 5.2 機器設置【MG（ブルドーザ）】

|        |   |      |      |
|--------|---|------|------|
| 記号     | 機器設置 - ②  |      |      |
| 質問者分類  | 利用者   | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q   | 建設機械への機器の取付け方を教えてください。  |      |      |
| 回答:A   | <p>・最初にMG(ブルドーザ)の構成機器を建設機械に取付けます。</p> <p>・その後、重機の機種やセンサ類の設置位置(マストの高さや機械幅等)を入力し、最後にセンサのキャリブレーションを行います。</p> <p>※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、機械の種類や機械の幅等の初期値の入力が実施済みの場合が多いです。</p> <p>【機器取付の内容】</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 2px;">機器取付の流れ</p> <pre> graph TD     A[工場等での事前取付] --&gt; B[現場での取付]             </pre> </div> <div style="flex: 2; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>・排土板を制御するバルブ</li> <li>・センサ類</li> <li>・各機器を接続するケーブル</li> <li>・コントロールボックスは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)</li> </ul> <p>【車内への機器取付け】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・車載 PC(コントロールボックス)</li> <li>・無線受信機</li> <li>※ケーブルで車載 PC と接続</li> </ul> <p>【車外への機器取付け】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・全周プリズム(ポール付き)(TSの場合)</li> <li>・GNSSアンテナ(GNSSの場合)</li> </ul> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div> <p>※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ます。</p> |      |      |
| 【補足説明】 | <p>※ 実施手順の詳細は、各開発メーカーのマニュアルで確認してください。</p>   |      |      |

### 5.3 キャリブレーション【MC/MG（ブルドーザ）共通】

|        |  |      |      |
|--------|--|------|------|
| 記号     | 機器設置 ー ③   |      |      |
| 質問者分類  | 利用者  | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q   | 施工中にセンサが緩んでいたため締め直したため、再度キャリブレーションを行いたいのですが、キャリブレーションの流れを教えてください。  |      |      |
| 回答:A   | ・機器取付後、排土板幅等の測定、各センサの設定を実施し、必要情報を車載PCへ入力する。<br>【キャリブレーションの内容】<br><div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>キャリブレーションの流れ</p>  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 25%;"> <p>・全周プリズム又はGNSSアンテナ中心から排土板等下端・排土板の幅（モータグレーダ・ブルドーザ）、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）</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 25%;"> <p>【マシン設定】</p> <p>・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</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 25%;"> <p>【センサ設定】</p> <p>・排土板等の位置を調整し、各センサの値を車載PCに入力</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">   </div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">※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ます。</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div> |      |      |
| 【補足説明】 | ※ 実施手順の詳細は、各開発メーカーのマニュアルで確認してください。   |      |      |

## 6. 施工

### 6.1 施工および施工管理【MC/MG（ブルドーザ）共通】

#### 6.1.1 記載内容

|  |   |      |     |
|--|---|------|-----|
| 記号   | 計画  | ①    |     |
| 質問者分類  | 利用者   | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q   | 「MC/MG(ブルドーザ)技術」を用いた施工を技術提案に盛り込んでおり、MC/MG(ブルドーザ)施工を施工計画書に記載したいと考えています。どの程度の記載が必要ですか。  |      |     |
| 回答:A   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 施工計画書に使用するシステムのメーカ、型番、構成機器等を記載し、使用する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)を添付することをお奨めします。</li> <li>・ 施工計画書には、技術提案事項に対応した技術、あるいは機能であることが解るような内容を記載すると良いでしょう。</li> </ul> |      |     |
| 【補足説明】   |   |      |     |
| ※ [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してください。 |   |      |     |

#### 6.1.2 施工管理計画

|        |  |      |      |
|--------|--|------|------|
| 記号     | 施工   | ①    |      |
| 質問者分類  | 利用者  | 質問種別 | 基礎知識 |
| 質問:Q   | MC/MG(ブルドーザ)を用いた施工を行う際に準拠する要領等はあるのですか。   |      |      |
| 回答:A   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ MCを対象とした施工管理要領、監督・検査要領等は策定されていません。</li> <li>・ 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)」等の土工の要領等に準じて実施してください。</li> </ul> |      |      |
| 【補足説明】 |  |      |      |

#### 6.1.3 MC/MG（ブルドーザ）施工を想定した計画

|  |  |      |     |
|--|--|------|-----|
| 記号   | 施工   | ②    |     |
| 質問者分類  | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q   | MC/MG(ブルドーザ)の能力を最大限に発揮するための留意点はありますか。  |      |     |
| 回答:A   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ MC(ブルドーザ)施工では、従来の検測作業の繰り返しを低減し、作業のスピードを向上させることが可能です。「MC(ブルドーザ)技術」の稼働率を上げるためには、盛土材料供給待ち等が生じないよう、十分な盛土材量を手配しておくといった周辺作業の準備が大切です。</li> <li>・ 狭隘な施工箇所では、材料の搬入時に自動追尾式 TS との視準が遮断されないように TS を設置します。</li> <li>・ MC/MG ブルドーザの導入による時間短縮は、仕上げまでの繰り返し走行(目標値に仕上げまで)の削減が大きいと言われています。このため、施工幅が狭くて摺り合わせの既設構造物がある場合などは、元々施工のパス回数が少ないため効果が発揮し難い現場と言えます。</li> <li>・ MC/MG は走行軌跡から自車の方向を算出しています。このため、敷き均し作業の延長が短く、前後進が頻繁に発生する現場では制御が安定しません。</li> </ul> |      |     |
| 【補足説明】   |  |      |     |
| ※ 国土交通省の調査結果では、MC 施工により検測作業の省力化、仕上げの早期化が図られ、作業スピードは 1.2~1.5 倍程度になると報告されています。ただし、MC 施工のためには、現場への丁張り設置にかわる 3次元設計データ作成作業が発生します。 |  |      |     |

## 6.2 施工中のトラブル

### 6.2.1 自動制御のトラブル【MC（ブルドーザ）】

| 記号  | 施工 - ③  |      |        |
|---|---|------|--------|
| 質問者分類   | 利用者   | 質問種別 | トラブル対応 |
| 質問:Q  | 制御がうまくいかない場合の対応でどのような要因が考えられますか？  |      |        |
| 回答:A  | <p>要因として以下の事項が考えられます。参考にしてください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 測位技術との通信は上手くできていますか？<br/>モニタ上で排土板の計測座標が表示されています。基準局上での確認や TS との比較を行って計測ができているかを確認してください。</li> <li><input type="checkbox"/> センサは作動していますか？<br/>モニタ上で排土板の傾斜角が表示されています。排土板の傾斜と表示が一致しているか確認してください。</li> <li><input type="checkbox"/> 計測機器の電池切れなどはありませんか？</li> <li><input type="checkbox"/> ケーブルの接続部のゆるみや断絶はありませんか？</li> <li><input type="checkbox"/> 油圧バルブとのマッチングは適正ですか？<br/>制御が不安定な場合などは、油圧バルブが過敏に反応している場合などがあります。マニュアルを参照して再設定してください。</li> </ul> |      |        |
| 【補足説明】  |   |      |        |
| ※ システムのトラブル時には、その要因の発見に時間を要する場合があります。システムのトラブルによって施工が中断しないよう、バックアップの施工指示方法なども準備しておく必要があります。 |   |      |        |

### 6.2.2 データ作成範囲の設定ミス【MC/MG（ブルドーザ）共通】

| 記号     | 施工 - ④   |      |        |
|--------|--|------|--------|
| 質問者分類  | 利用者  | 質問種別 | トラブル対応 |
| 質問:Q   | ある位置にくると制御がうまくいかない場合の対応でどのような要因が考えられますか？   |      |        |
| 回答:A   | <p>要因として以下の事項が考えられます。参考にしてください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 設計データに間違いがある。<br/>各システムの設計データ作成ソフトウェアの多くに、設計データの確認ができる機能があります。入力ミスがないかどうか確認してください。大きな入力ミスは容易に見えますが、僅かな入力値の間違いはデータを詳細にチェックする必要があります。</li> <li><input type="checkbox"/> 設計データの範囲外で作業を行っている。<br/>MC 施工に限らず、実施工では目的形状以外の範囲から材料を運んだり、盛りこぼした材料を集めたり、やや大きめの敷き均し後に整形したりします。3次元設計データを目的形状範囲のみ作成している場合は、これらの作業時に比較対象となる設計データがないことから制御に必要な差分データを算出できないため、制御ができない場合があります。<br/>設計データより大きめの範囲でデータ作成することをお奨めします。<br/>マストの位置座標を基本に対象となる基本設計データを求めている場合があります。</li> <li><input type="checkbox"/> 設計データの変化する位置とブルドーザ側のマスト位置の不適合<br/>道路構造物などで、道路センターを中心に勾配を設定している場合、システムが設計との対比を行う位置によって排土板の勾配が変わります。</li> </ul> |      |        |
| 【補足説明】 |  |      |        |

### 6.2.3 計測機器設置のトラブル【MC/MG（ブルドーザ）共通】

|       |   |      |        |
|-------|---|------|--------|
| 記号    | 施工 - ⑤  |      |        |
| 質問者分類 | 利用者   | 質問種別 | トラブル対応 |
| 質問:Q  | 「MC/MG(ブルドーザ)技術」で利用する測位技術が正確に計測できていません。どのような原因が考えられますか。   |      |        |
| 回答:A  | <p>①RTK-GNSS とレーザなどにより高計測技術を組合せる場合の主な制約条件と発生する不具合例</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>高さ計測装置から MC/MG 側の受光部を視通できる範囲。<br/>         高さ計測装置から発信するレーザの受光できる範囲。<br/>         RTK-GNSS では、基準局及び MC/MG 側で同じ衛星が5つ以上観測されている。<br/>         RTK-GNSS の基準局からの補正データを受信できる範囲。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 山間部などでは、衛星が補足できる時間や範囲を事前に調査します。</li> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSS の基準点、レーザなどの高さ計測装置は、揺れや振動の影響が無い場所に設置します。</li> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSS の基準局と MC/MG 側は無線通信による障害が無いことを確認します(空港周辺や高圧線、変電所周辺、国道脇などでは、通信が不安定な場合もある)。</li> <li><input type="checkbox"/> RTK-GNSS の場合は、周辺に高い構造物があると反射波によるマルチパスの影響を受ける場合もあります。</li> <li><input type="checkbox"/> 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、無償公開されているので、概ねの受信状況が予測できます。</li> <li><input type="checkbox"/> マルチパス対策の進んだ GNSS 受信機について、マルチパス対策を強化した GNSS 受信機も開発されています。現場状況の調査が重要です。</li> </ul> <p>②自動追尾式 TS を用いる場合の主な制約条件と発生する不具合例</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>自動追尾 TS から MC/MG 側のプリズムを視通できる範囲。<br/>         自動追尾 TS から発信する光波で測距できる距離。<br/>         自動追尾側で計測した3次元座標を、MC/MG 側に無線送信できる範囲。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 自動追尾 TS と MC/MG 側の間に、ダンプや他の建設機械が稼働するような場合は測位が途切れる場合があります。</li> <li><input type="checkbox"/> 自動追尾 TS には計測距離の制限は無いが、距離が遠いほど計測誤差は大きくなります。</li> <li><input type="checkbox"/> 自動追尾 TS と MC/MG 側のプリズムが近すぎると、プリズムの移動を追尾できない場合もあります。</li> <li><input type="checkbox"/> 自動追尾 TS は不動点に設置する。揺れや振動の影響が無い箇所に設置します。</li> </ul> <div style="text-align: center;"> </div> |      |        |
| 【留意点】 | <p>※ 測位技術の特徴や現場条件による制約を踏まえ、事前調査に基づいてシステムの利用範囲を明確に整理しておくことがポイントです。</p>   |      |        |



6.2.4 RTK-GNSS の利用上の留意点【MC/MG（ブルドーザ）共通】

|        |  |      |     |
|--------|--|------|-----|
| 記号     | 施工   | ⑥    |     |
| 質問者分類  | 利用者  | 質問種別 | 留意点 |
| 質問:Q   | RTK-GNSS 仕様を用いる場合、RTK-GNSS 基準局の設置時の留意点を教えてください。  |      |     |
| 回答:A   | <p>・RTK-GNSS 基準局は、「衛星捕捉状態」・「衛星電波の多重反射(マルチパス)」に留意して設置する必要があります。</p> <p>【衛星補足数の確保、マルチパスの回避に関する留意点】</p> <p>※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。FLOT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。</p> <p>FIX解データを得る衛星捕捉状態<br/>【GPSのみの場合】<br/>・衛星捕捉数5個以上必要(共通衛星)<br/>【GPS+GLONASSの場合】<br/>・衛星捕捉数6個以上必要(それぞれ2衛星以上用いること)(共通衛星)</p>  |      |     |
| 【補足説明】 | <p>※衛星補足数の予測ソフトウェアについて</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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。</li> </ul> <p>※マルチパス対策の進んだ GNSS 受信機について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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必要があります。</li> </ul> <p>※計測精度の確認方法について(GNSSを用いる場合)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現場内の座標既知点において、GNSS が正しい座標を計測できることを実測により確認してください。</li> </ul> |      |     |

## 第3編 その他

---

## 1. ICT活用可能技術一覽表

# 1. ICT活用可能技術一覧表

| 主な技術                              | 計測原理   | 特徴  | 留意点   | 適用可能工種  | 取り扱いメーカー  |
|-----------------------------------|--|---|---|---|---|
| 1<br>空中写真測量<br>(UAV)・<br>(UAV_TS) | 航空機などを用いて上空から撮影された連続する空中写真を用いて、対象範囲のステレオモデルの作成や地上の測地座標への変換等を行い、地形や地物の3次元の座標値を取得する技術                                  | ・TLSと比べて計測時間が短い<br>・広範囲を短時間で計測可能  | ・強風や雨などの天候により計測できない<br>・航空法の規定により利用できない地域がある<br>・計測結果の解析に多少の時間を要す<br>・高圧線等の電波障害が予想されるエリアは計測できない<br>※UAV_TSの場合は、影響ない<br>・計測対象に障害物が覆いかぶさっている場合は計測できない | ・土工<br>・法枠工   | ・DJI<br>・アミューズワンセルフ<br>・ASCL<br>・エンルート<br>・hitec  |
| 2<br>無人航空機搭載型レーザーキャナ<br>(UAV_LS)  | GNSSとIMUによりUAVの位置と姿勢を求め、レーザーキャナによりスキャンしながら地上までのレーザー光の反射方向と地上までの距離を計算し、これらの装置の関係付けと計測データの解析により3次元座標を解析する技術            | ・TLSと比べて計測時間が短い<br>・広範囲を短時間で計測可能<br>・空中写真測量と比べて解析時間が短い<br>・ある程度の草木であれば伐開せずに地上の点群を取得可能 | ・強風や雨などの天候により計測できない<br>・航空法の規定により利用できない地域がある<br>・高圧線等の電波障害が予想されるエリアは計測できない<br>・障害物がある場合、陰になる部分は計測できない   | ・土工<br>・法枠工   | ・velodyne (緞アルゴ)<br>・riegl Japan<br>・TIAサヒ (IBPENTAX)<br>・テラドローン                                    |
| 3<br>地上型レーザーキャナ<br>(TLS)          | 1台の機械で指定した範囲にレーザーを連続的に照射し、その反射波より対象物との相対位置 (角度と距離) を面的に取得できる技術   | ・TS_NPと比べて計測時間が短い<br>・空中写真測量と比べて解析時間が短い<br>・多少の風であれば計測可能                              | ・カーブが多い場合や盛土 (高さがある) の場合、盛替え回数が増える<br>・障害物がある場合、陰になる部分は計測できない   | ・土工<br>・舗装工<br>・法枠工   | ・leica geosystems<br>・topcon<br>・nikon trimble<br>・riegl Japan<br>・TIAサヒ (IBPENTAX)                 |
| 4<br>地上移動型レーザーキャナ<br>(MLS)        | 地上移動体に搭載したLS本体から計測対象までの相対的な位置とLS本体の位置及び姿勢を組合せて観測した結果を、3次元座標値の点群データとして変換する技術  | ・TLSと比べて短時間で広範囲の点群を取得可能<br>・TLSと比べて計測時間が短い<br>・空中写真測量と比べて解析時間が短い<br>・多少の風であれば計測可能     | ・障害物がある場合、陰になる部分は計測できない   | ・土工<br>・舗装工<br>・法枠工   | 【台車型・車載型】<br>・leica geosystems<br>・topcon<br>【車載型】<br>・三菱電機<br>・TIAサヒ (IBPENTAX)<br>【BH搭載型】<br>・フジタ |
| 5<br>TS (ノンプリズム方式)<br>(TS_NP)     | トータルステーションを用いた計測手法のうち、ターゲットとなるプリズムを利用せず被計測対象からの反射波を利用して測距する技術  | ・多少の風であれば計測可能<br>・計測対象範囲を精度よく、点数を指定して計測が可能<br>・TLSと比べて点群処理の手間が軽減される                   | ・TLSと比べて計測時間が長い<br>・カーブや盛土の場合に設置回数が増える<br>・障害物がある、陰になる部分は計測できない   | ・土工<br>・舗装工<br>・法枠工   | ・leica geosystems<br>・topcon<br>・nikon trimble<br>・TIAサヒ (IBPENTAX)                                 |
| 6<br>TS等光波方式                      | 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、計測した角度と距離から未知点の座標計算を随時に行うことができる機器を使用して、被計測箇所ターゲットとなるプリズムを設置して計測する技術 | ・多少の風であれば計装可能<br>・事前の伐開の必要がない<br>・取得した点群の処理が必要ない                                      | ・必要点数を人力作業により取得するため、労力がかかる  | ・土工<br>・舗装工<br>・法枠工   | ・leica geosystems<br>・topcon<br>・nikon trimble<br>・TIAサヒ (IBPENTAX)                                 |
| 7<br>RTK_GNSS                     | 衛星測位から発信される搬送波を用いた計測手法である。既知点と移動局にGNSSのアンテナを設置し、既知点から移動局への基線ベクトル解析により、リアルタイムに移動局の座標を計算することができる技術                     | ・多少の風であれば計測可能<br>・機械の盛替えが不要<br>・事前の伐開の必要がない<br>・取得した点群の処理が必要ない                        | ・必要点数を人力作業により取得するため、労力がかかる<br>・高圧線等の電波障害が予想されるエリアは計測できない<br>・マルチパスがある場合、計測不可となる場合がある  | ・土工<br>・法枠工   | ・leica geosystems<br>・topcon<br>・nikon trimble<br>・TIAサヒ (IBPENTAX)                                 |
| 8<br>施工履歴データ                      | ICT建設機械により施工しながら計測されるICT建設機械の作業装置の3次元座標、取得時刻、その時の建設機械の状態等の記録し出来形計測に必要な情報を出力する技術                                      | ・施工後に他の計測器による計測の必要がない<br>・出来形対象工種は限定的   | ・高圧線等の電波障害が予想されるエリアは計測できない<br>・マルチパスがある場合、計測不可となる場合がある  | ・浚渫工<br>・土工 (河床部)<br>・地盤改良<br>浅層<br>中層<br>スラリー攪拌工<br>・舗装工 (修繕工) | ・komatsu<br>・サイテックジャパン<br>・日立建機   |
| 9<br>音響測深機器                       | 音響ビームを扇状に照射することで一度に多数の水深を面的に取得することができる技術   | ・出来形対象工種は限定的<br>・水底の点群を短時間で取得可能   | ・高圧線等の電波障害が予想されるエリアは計測できない<br>・マルチパスがある場合、計測不可となる場合がある  | ・浚渫工<br>・土工 (河床部)   | ・東洋テクニカ (マルチビーム)<br>・日本海洋 (マルチビーム)<br>・ハイドロシステム開発 (マルチ・シングルビーム)                                     |

## 2. ICT導入PR資料（仮）

## 2. ICT導入PR資料（仮）