

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	複数層の三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 ー 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>□ 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>□ 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、「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>□ 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>  </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 精度補完機能</b></p> <p style="text-align: center; color: red;">高精度を自動追尾 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>□ 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「MC(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、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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>※ 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。</li> <li>※ 自動追尾TSでは高さの計測値は±10mm程度です。</li> <li>※ 「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。</li> <li>※ 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。</li> <li>※ 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。</li> </ul>		

## 2.1.2 計測機器の選定【MC（ブルドーザ）】

記号	事前調査 ー 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>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><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>※ 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、システムの問題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奨めします。</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奨めします。</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 ー 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;">  <p>重機用GNSS 測量機器(基準局)・重機(移動局)=1:多のシステム 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>□ 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】	<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>※ 自動追尾TSでは高さの計測値は±10mm程度です。</li> <li>※ 「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、仕上げ精度の確認は必須の項目です。</li> <li>※ 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。</li> <li>※ 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。</li> <li>※ 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。</li> </ul>		

## 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>		
<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 ー 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奨めします。</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奨めします。</li> </ul>		

## 2.3 「MC/MG（ブルドーザ）技術」の使い分け

記号	事前調査 ー 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><input type="checkbox"/> 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><input type="checkbox"/> 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><input type="checkbox"/> 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><input type="checkbox"/> 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><input type="checkbox"/> 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><input type="checkbox"/> 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><input type="checkbox"/> 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><input type="checkbox"/> 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><input type="checkbox"/> 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、短期間で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><input type="checkbox"/> 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	<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(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。</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などが必要になります(高額となる場合があります)。</p> <p><b>【MC システムの機器構成例】</b></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><b>【システムの供給メーカーについて】</b></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ため、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	<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。</p> <p>・ 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。</p> <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>④追尾用全周プリズム ⑤無線受信機 ④GNSSアンテナ ⑤無線受信機</p> <p>⑥車載PC ⑦センサ類 ※MC/MG技術ごとに取付けるセンサ類は異なる。</p>		
【システムの供給メーカーについて】			
<p>※ 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。</p> <p>※ 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。</p> <p>※ 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。</p> <p>※ 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。</p>			

### 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いため、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>          ※ 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>          ※ 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奨めします。</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奨めします。</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><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 程度と言われています。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(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><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;"> <table border="1"> <caption>角度精度と高さ精度の関係</caption> <thead> <tr> <th>計測距離 (m)</th> <th>測角精度: 2" (mm)</th> <th>測角精度: 5" (mm)</th> <th>測角精度: 10" (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0.5</td> <td>1.25</td> <td>2.5</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>1.0</td> <td>2.5</td> <td>5.0</td> </tr> <tr> <td>150</td> <td>1.5</td> <td>3.75</td> <td>7.5</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>2.0</td> <td>5.0</td> <td>10.0</td> </tr> <tr> <td>250</td> <td>2.5</td> <td>6.25</td> <td>12.5</td> </tr> <tr> <td>300</td> <td>3.0</td> <td>7.5</td> <td>15.0</td> </tr> </tbody> </table> </div>			計測距離 (m)	測角精度: 2" (mm)	測角精度: 5" (mm)	測角精度: 10" (mm)	0	0	0	0	50	0.5	1.25	2.5	100	1.0	2.5	5.0	150	1.5	3.75	7.5	200	2.0	5.0	10.0	250	2.5	6.25	12.5	300	3.0	7.5	15.0
計測距離 (m)	測角精度: 2" (mm)	測角精度: 5" (mm)	測角精度: 10" (mm)																																
0	0	0	0																																
50	0.5	1.25	2.5																																
100	1.0	2.5	5.0																																
150	1.5	3.75	7.5																																
200	2.0	5.0	10.0																																
250	2.5	6.25	12.5																																
300	3.0	7.5	15.0																																
【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 ー 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>□ 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>□ 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>□ 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>□ 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 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、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。</li> </ul> <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 ー 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）。</li> </ul> <p>確認例① 基準点でチェックする。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;"><b>位置精度の確認</b></p> <p>・TS以外にも、既設の丁張りと確認する方法や、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。</p> <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> </div> <p>確認例② TSでチェックする。</p>		
【留意点】			

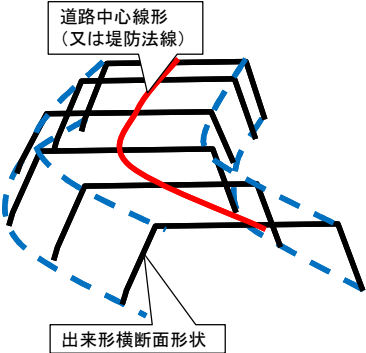
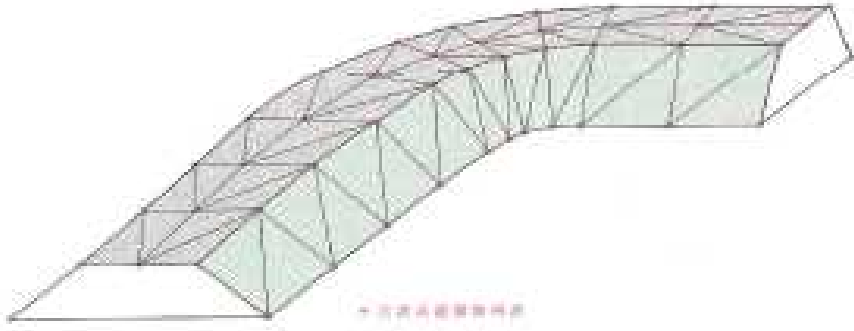
#### 3.3.2 計測距離の制限

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>		
【留意点】	<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 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 (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;">  </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/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>			

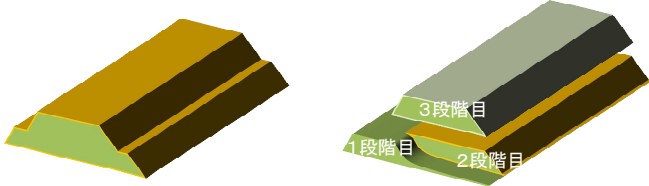
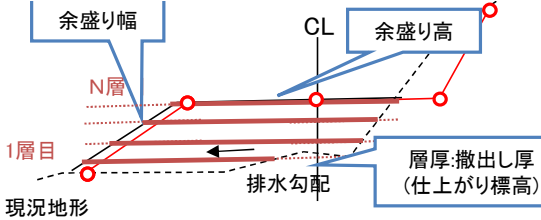
#### 4.1.2 データの変換

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> <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

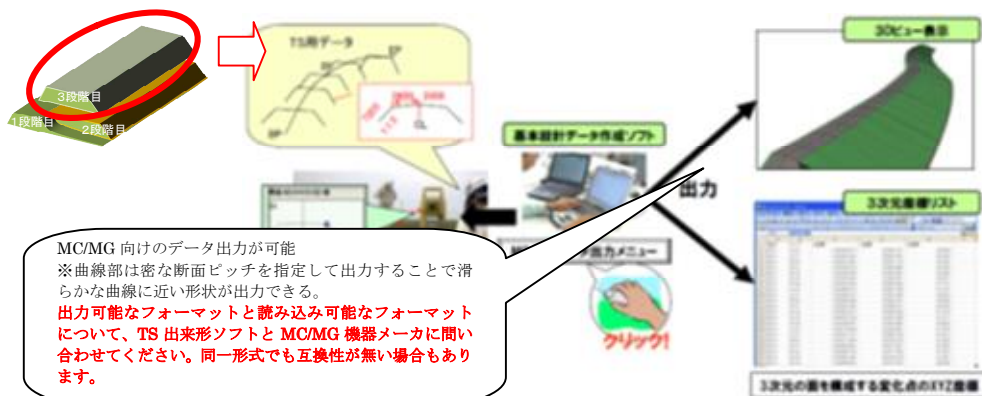
記号	データ作成 ー ③		
質問者分類	利用者	質問種別	基礎知識
質問:Q	3次元設計データ作成に必要なソフトウェアを教えてください。専用のソフトウェアが必要ですか？		
回答:A	<p>・ 現状では、各社のシステムで最終的に読み込むデータフォーマットが異なり、MC/MG システムに付属するソフトウェア上で専用のデータに変換して利用しています。</p> <p>・ また、3次元座標データ、3D面データにおいても、出力・入力可能なフォーマットが個別にあるので、専用のソフトウェア以外を利用する場合でも互いの互換性を確認しておく必要があります。</p> <p><b>【MC/MG用のデータ作成の流れの例】</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> <div style="text-align: center;"> <p>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</p> <p>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</p> <p>③面データをMC用データに変換、MCへ搭載</p> </div> <p><b>【留意点】</b></p> <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る)。</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】

※ 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。

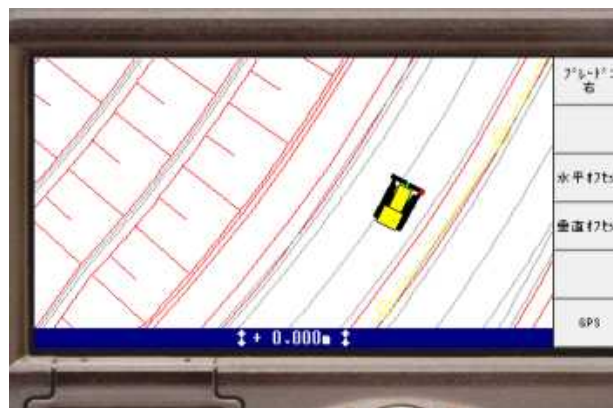


#### 4.1.5 3次元設計データ作成上の留意点

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すか。		
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 ー 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;"> <p>層毎に設計データを作成</p> <p>1層のみ設計データを作成</p> <p>施工時に目標高(+30、+60として設定して施工</p> </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 ー 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="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. 必要な機器取付け・初期設定




### 5.1 機器設置【MC（ブルドーザ）】

記号	機器設置 ー 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><b>【機器取付の内容】</b></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="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100px; margin: 0 auto;">工場等での事前取付</div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100px; margin: 0 auto;">現場での取付</div> </div> </div> <div style="border: 1px solid #0070c0; padding: 5px; width: 300px;"> <p><b>・排土板を制御するバルブ</b></p> <p><b>・センサ類</b></p> <p><b>・各機器を接続するケーブル</b></p> <p><b>・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)</b></p> </div> </div> <div style="border: 1px solid #0070c0; padding: 5px; width: 300px; margin-top: 10px;"> <p><b>【車内への機器取付け】</b></p> <p><b>・車載PC(コントロールボックス)</b></p> <p>※ケーブルでバルブ、センサ類と接続する</p> <p><b>・無線受信器</b></p> <p>※ケーブルで車載PCと接続する</p> </div> <div style="border: 1px solid #0070c0; padding: 5px; width: 300px; margin-top: 10px;"> <p><b>【車外への機器取付け】</b></p> <p><b>・全周プリズム(ポール付き)(TSの場合)</b></p> <p><b>・GNSSアンテナ(GNSSの場合)</b></p> </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>			
※ 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。			

## 5.2 機器設置【MG（ブルドーザ）】

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	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。          ・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。          ※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="flex: 1;"> <p style="text-align: center; color: blue; font-weight: bold;">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; margin-bottom: 10px;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">現場での取付</div> </div> <div style="flex: 2;"> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; margin-bottom: 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> </div> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; margin-bottom: 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>・無線受信機</li> <li>※ケーブルで車載 PC と接続</li> </ul> </div> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px;"> <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> <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>		

### 5.3 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	<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、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。</p> <p>【キャリブレーションの内容】</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;"> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">キャリブレーションの流れ</p> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100px; margin: 0 auto;">建設機械の寸法測定</div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100px; margin: 0 auto;">車載PCの設定</div> </div> </div> <div style="border: 1px solid #0070c0; padding: 5px; width: 300px;"> <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> <div style="margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid #0070c0; padding: 5px; width: 300px;"> <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 #0070c0; padding: 5px; width: 300px; margin-top: 5px;"> <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> <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】	<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/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)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、元々施工のバ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

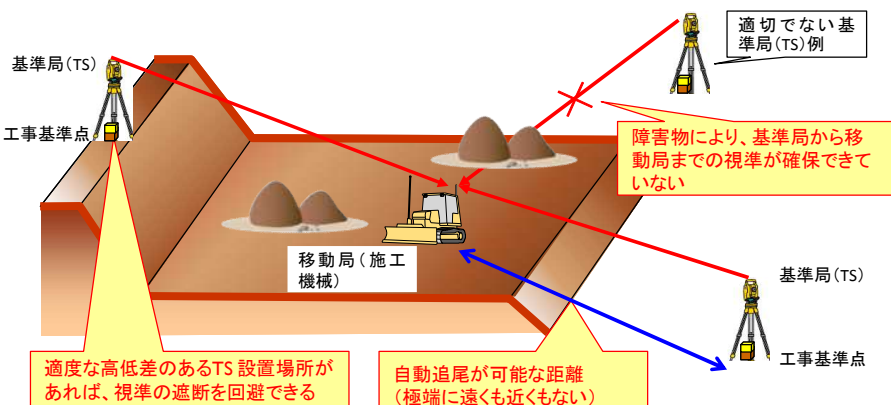
### 6.2.1 自動制御のトラブル【MC（ブルドーザ）】

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？ 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？ 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？ 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>		
<b>【補足説明】</b>			
※ 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。 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。 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。 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。 マス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の位置の不適合 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>		
<b>【補足説明】</b>			

### 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。          高さ計測装置から発信するレーザの受光できる範囲。          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。          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。          自動追尾 TS から発信する光波で測距できる距離。          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> 		
【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><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>※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>※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>		
<b>【補足説明】</b>			