

平成25年5月16日  
第2回“復興工事”に役立つ情報化施工講習会

# 「情報化施工」について

独立行政法人 土木研究所  
技術推進本部 先端技術チーム  
平成25年5月



# 「情報化施工」について

1. 情報化施工とは
2. 情報化施工技術と導入効果
3. 情報化施工の導入事例
4. 国土交通省における情報化施工の普及推進

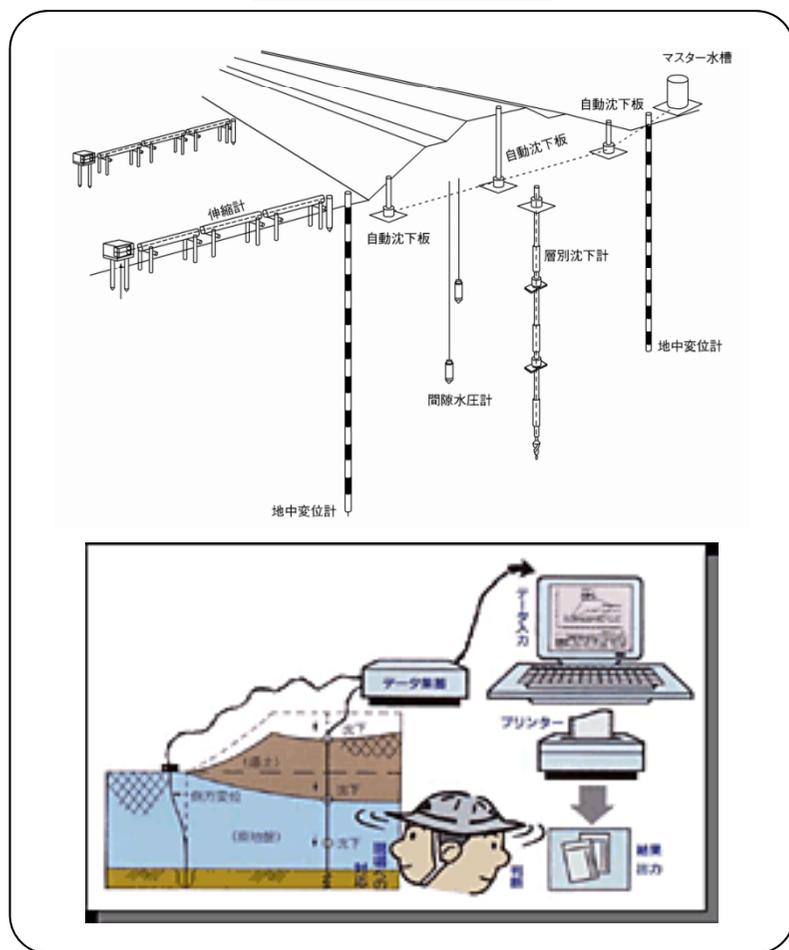
「情報化施工」について

# 1. 情報化施工とは

# 情報化施工とは

ICT (情報通信技術) を建設施工に活用して高い生産性と施工品質を実現する新たな施工システムの総称

## 観測施工



## 建設機械の自動化技術



(株)トプコン HPより

# 情報化施工とは

- ① 調査、設計、施工、維持管理という建設生産プロセスのうち施工に着目
- ② 施工に関わる多種多様な情報を他のプロセスの情報と連携
- ③ 建設生産プロセス全体の生産性、施工の品質、建設事業の信頼性の向上を図る



# 情報化施工に必要な測位技術

## トータルステーション (TS: Total Station)

EDM (光波距離計)



距離を測る

セオドライト

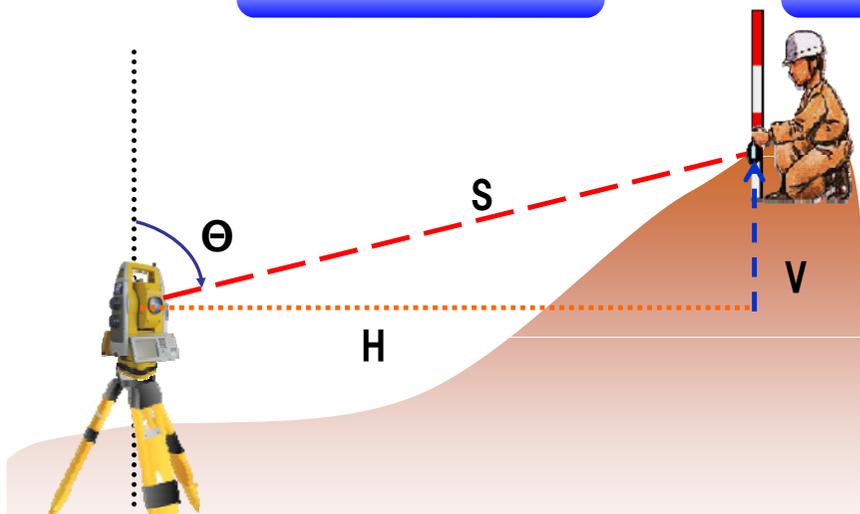


角度を測る

トータルステーション



距離と角度を測る



計測点までの距離 (S) と角度 ( $\theta$ ) が分かれば、高低差 (V) と水平距離 (H) が分かる

TS の設置位置の座標が既知なら計測点の 3次元座標 (x, y, z) が算出可能

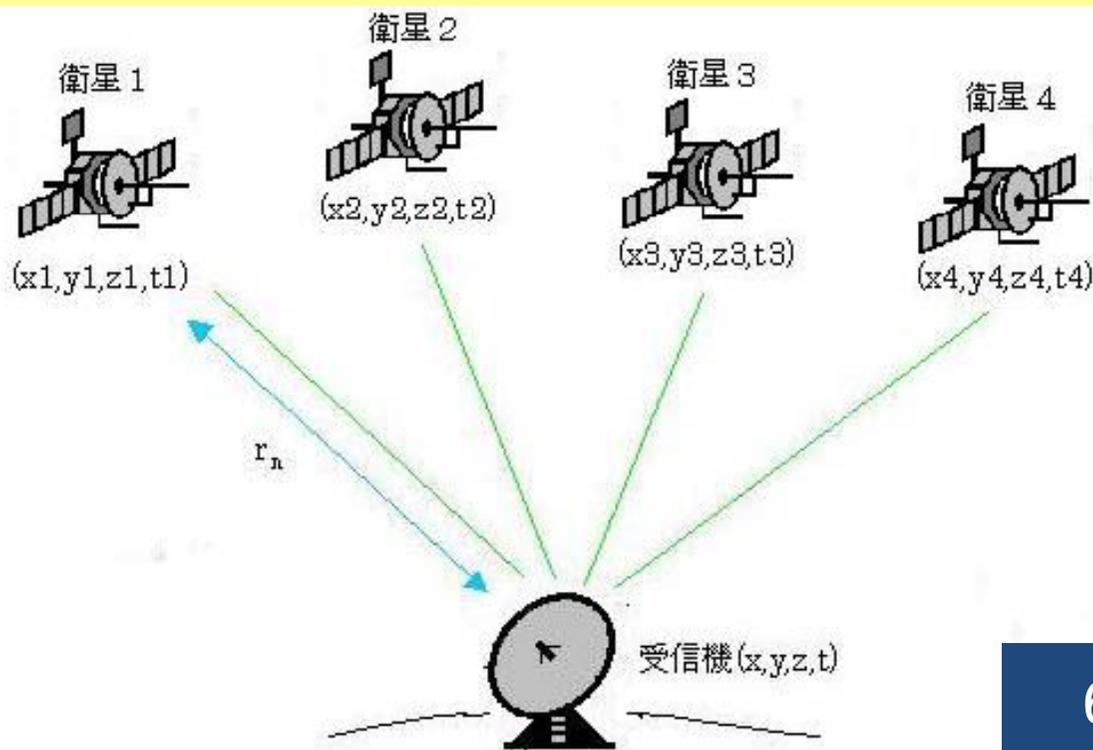
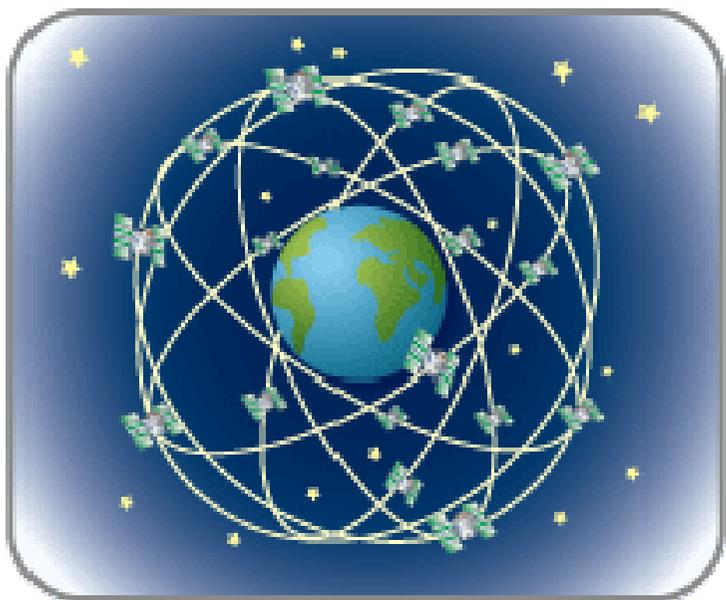
# 情報化施工に必要な測位技術

## 「GPS」と「GNSS」

GPS: Global Positioning System

GNSS: Global Navigation Satellite System

- ・人工衛星を用いて3次元の位置と時間(x, y, z, t)を計測するシステム
- ・GPSは米軍が開発し、民生用に利用されている衛星測位システム
- ・GPS(米国)の他、ロシアのGLONASS、欧州等のGALILEO等も含む、人工衛星を利用した測位システムの総称がGNSS

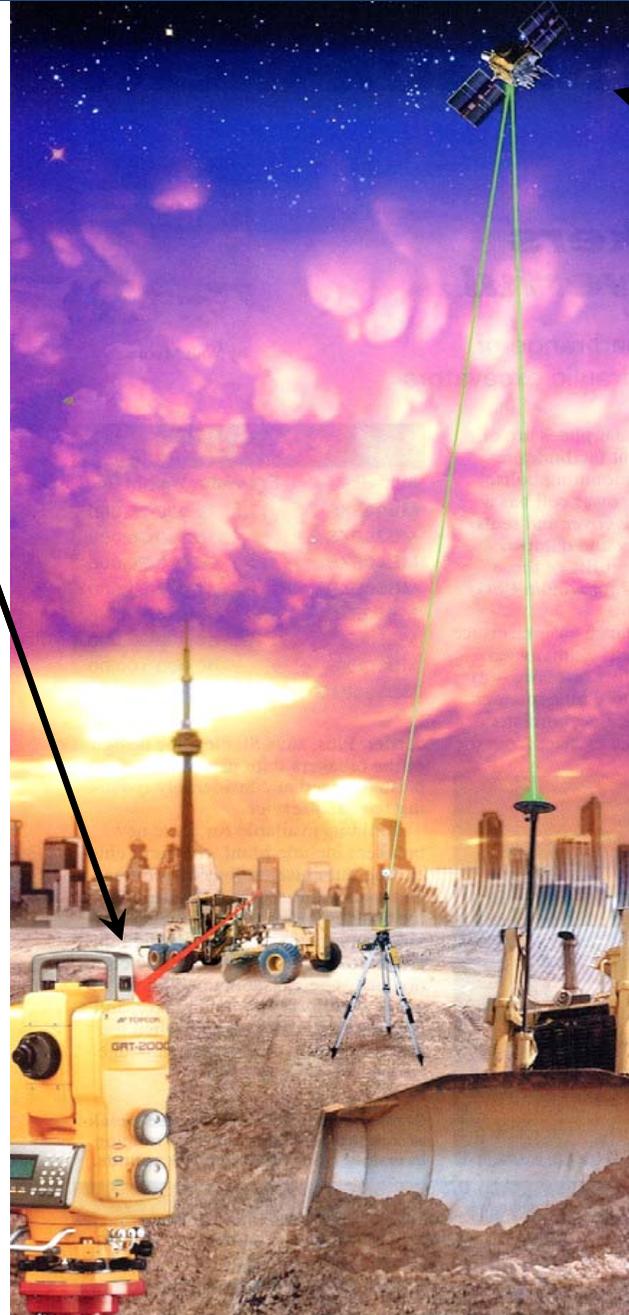


# 情報化施工に必要な測位技術

## TS

### 〈特徴〉

- ・精密な測位
- ・制御情報の伝達
- ・測量機器として活用
- ・有効半径の制限
- ・1対1制御
- ・天候による使用制限



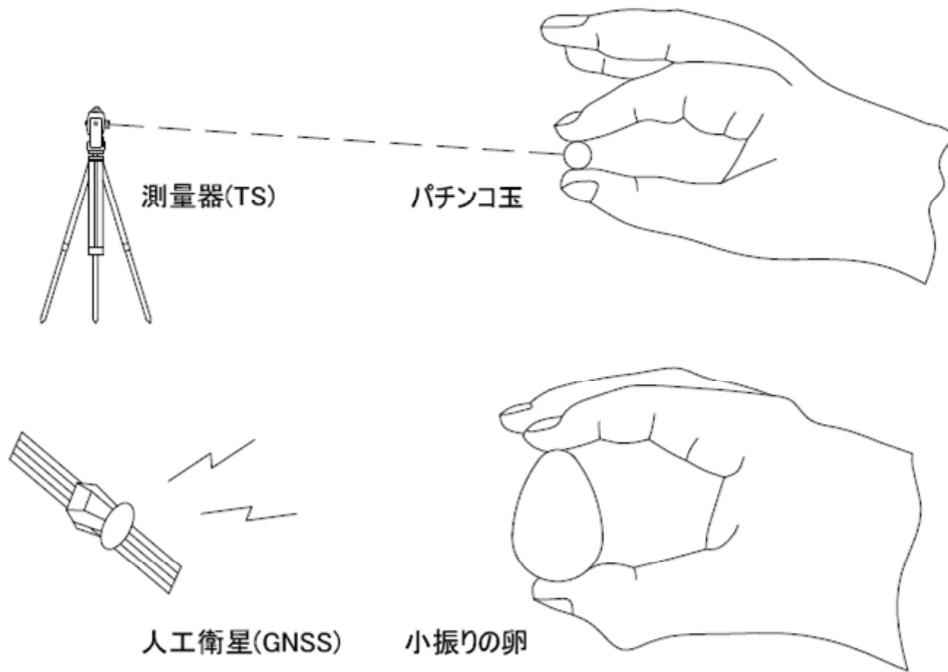
## GNSS

### 〈特徴〉

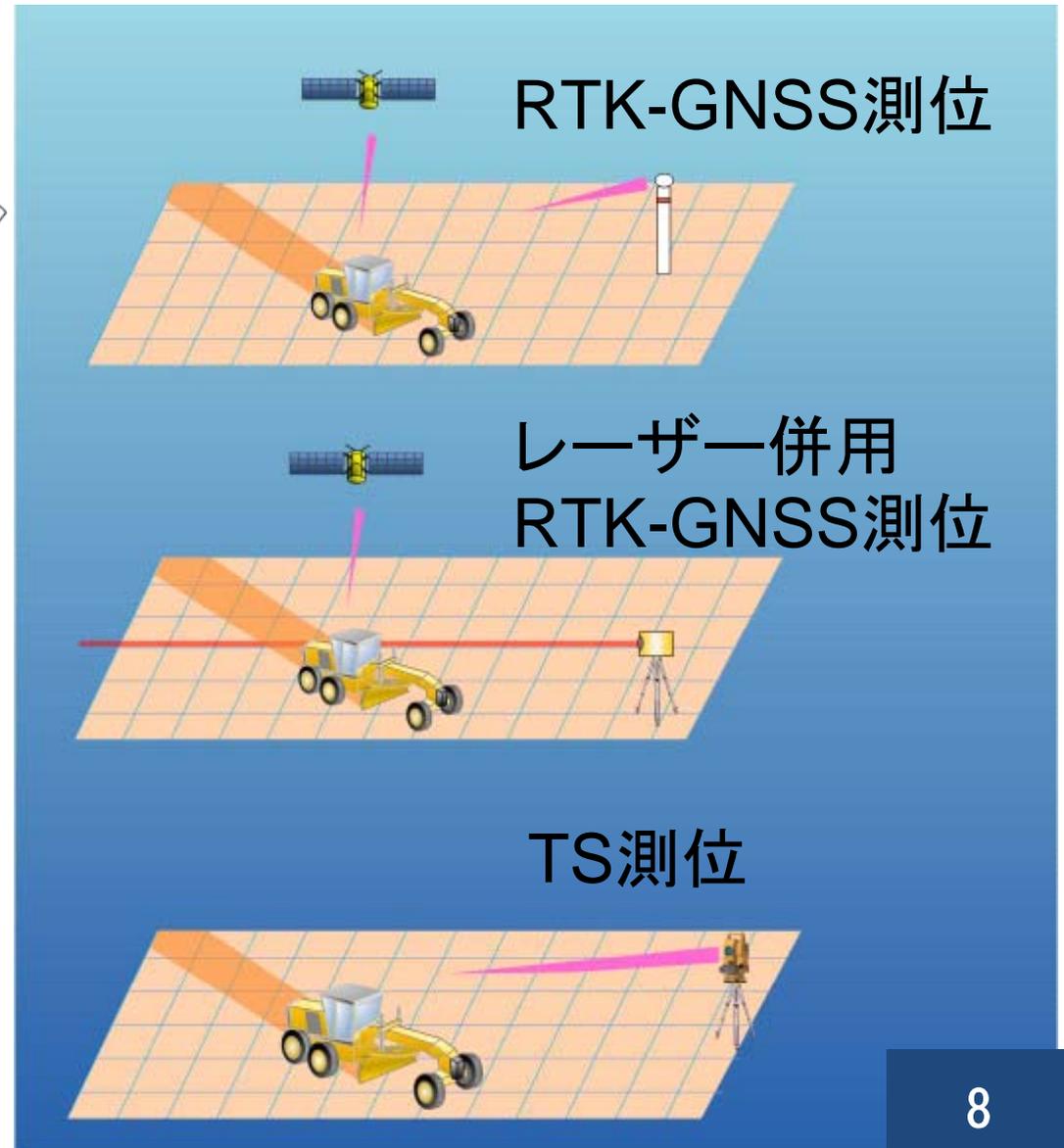
- ・単独での測位
- ・複数機器での運用
- ・現場間のデータ共有
- ・測量精度の限界
- ・衛星状態による制限
- ・外国衛星頼み
- ・基地局の設置必要

# 測位精度と測位方式

## 測位方式イメージ



## TSとGNSSの測位精度



# 情報化施工技術の例

## 施工に関する技術

- ・ 調査・設計に関わる情報と建設機械の操作に関わる情報を連携させてオペレータの機械操作を支援することにより施工の効率や精度の向上を図る技術

### マシンコントロール (MC) 技術



### マシンガイドンス (MG) 技術



# 情報化施工技術の例

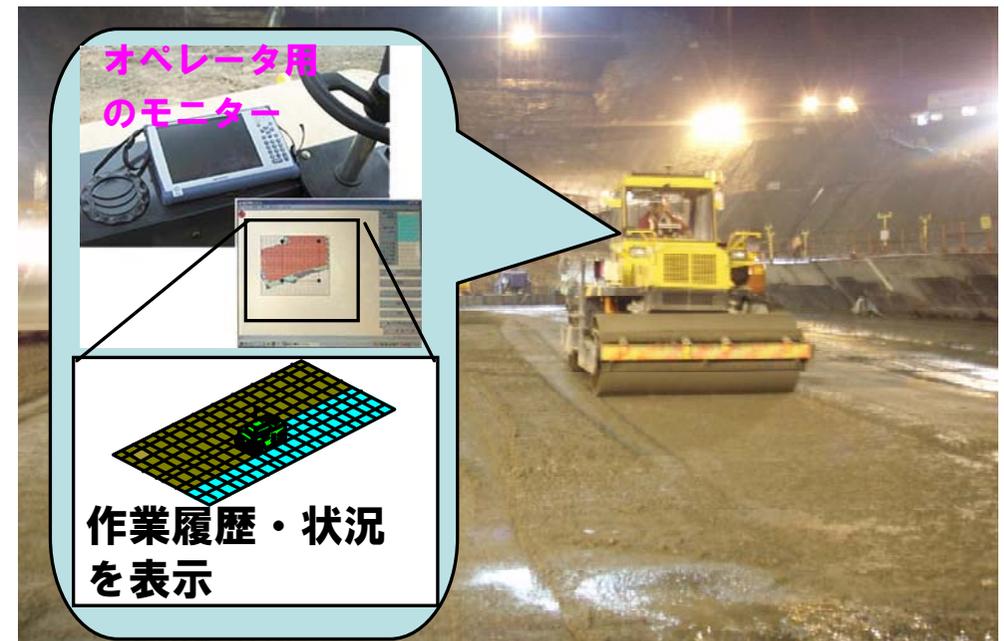
## 施工管理に関する技術

- ・ 調査・設計段階の情報と施工時の情報を連携させて出来形管理や施工管理を精緻化することにより構造物の信頼性の向上を図る技術

### TSによる出来形管理技術



### TS・GNSSによる締固め管理技術



「情報化施工」について

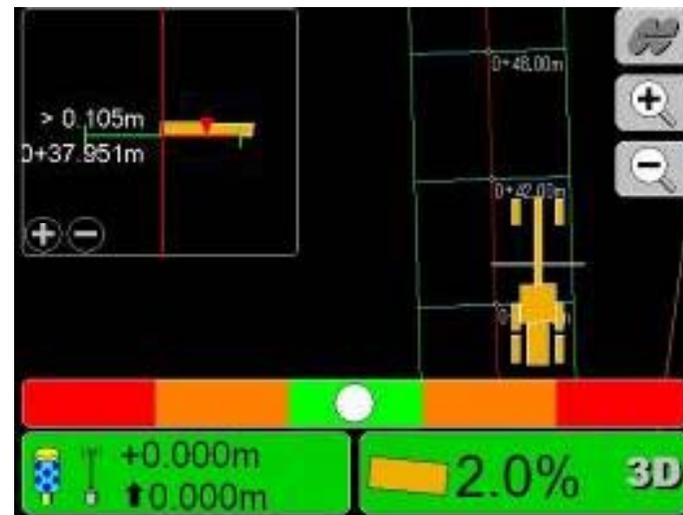
## 2. 情報化施工技術と導入効果

- ・ 施工に関する情報化施工技術と導入効果

# 情報化施工技術の例 (マシンコントロール技術)

## 3次元マシンコントロールの事例

設計データと現在の位置データを比較し、排土板を制御(高さ・勾配)するシステム



デジタル  
設計データ

# 従来の施工方法（舗装の路盤工）



路盤整形→仮転圧の繰り返し



高さをcm単位で  
指示・調整

現行路盤整形作業時の確認作業

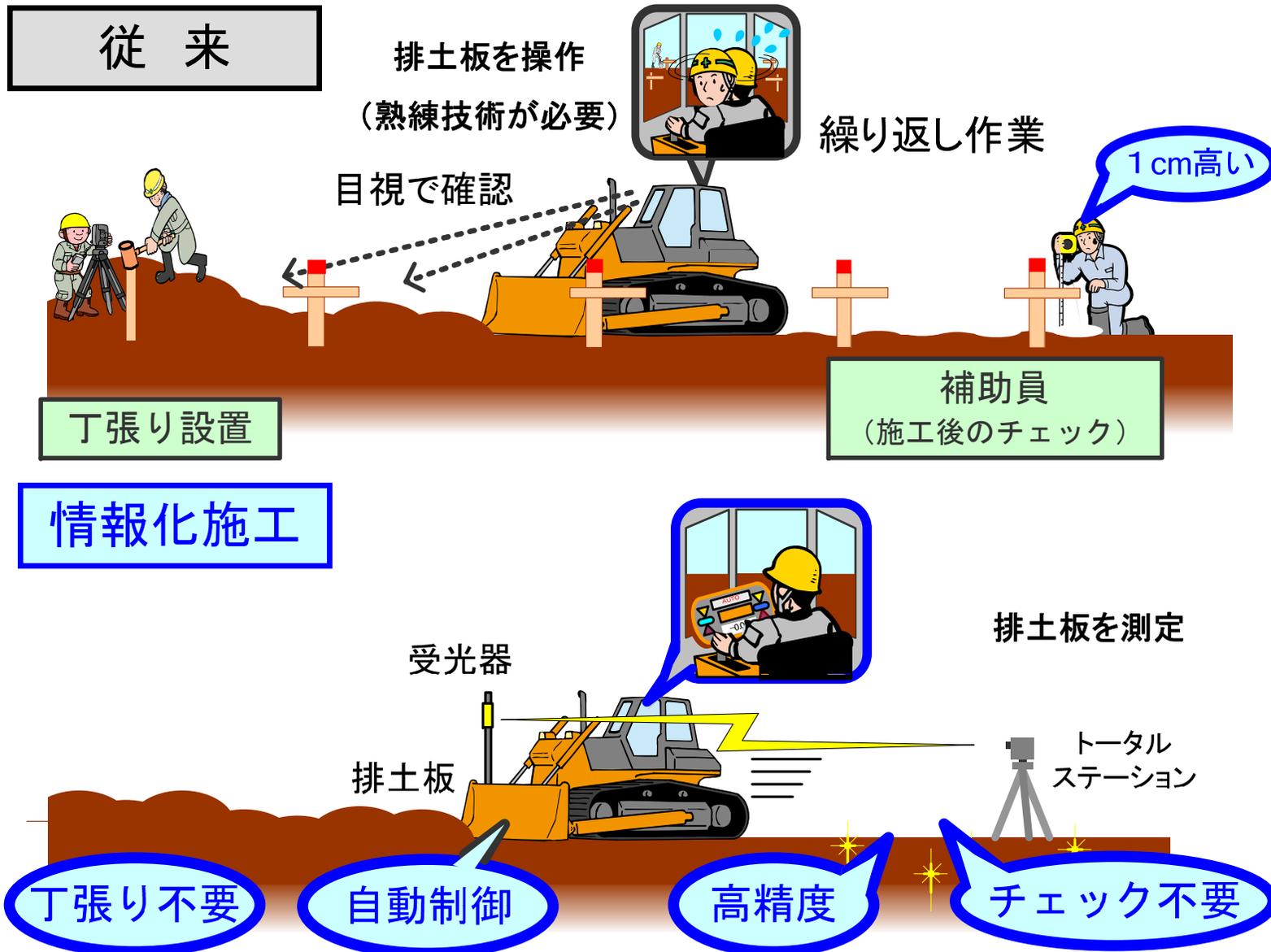
人と機械の近接作業

丁張りとの高低差を確認

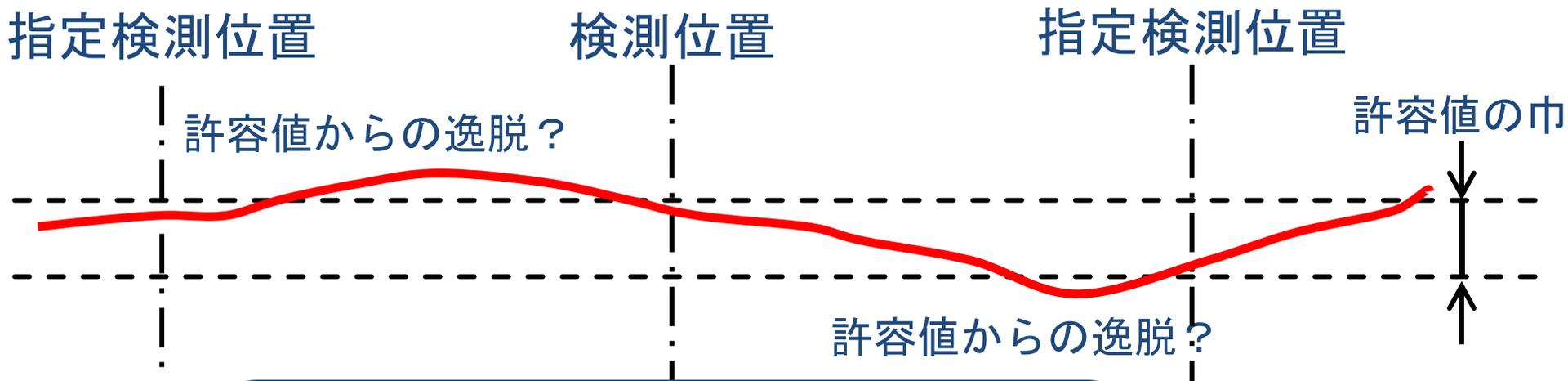
- ・ 路盤の整形精度が表面の平坦性に影響
- ・ 平坦な路盤はアスファルト合材の節約につながる

# 情報化施工のイメージ（3次元マシンコントロール）

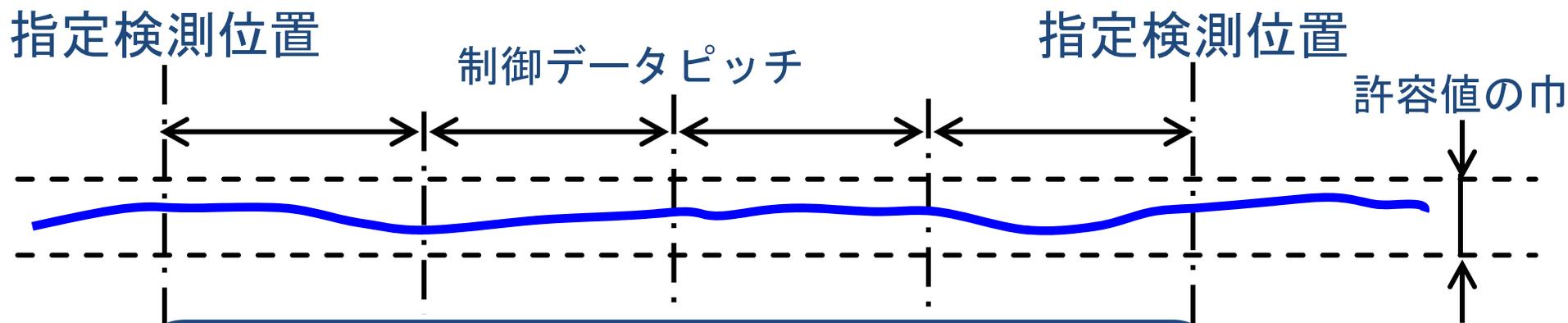
機械化施工にICTや制御技術、測量技術を融合した「建設施工革命」



# マシンコントロール技術による均質な仕上り（イメージ）



従来の仕上り面と許容値の関係



3D-MCによる仕上り面と許容値の関係

# 施工の流れが大きく変わる可能性 (3次元マシンコントロール)



設計図から座標計算



測量の実施



丁張り設置



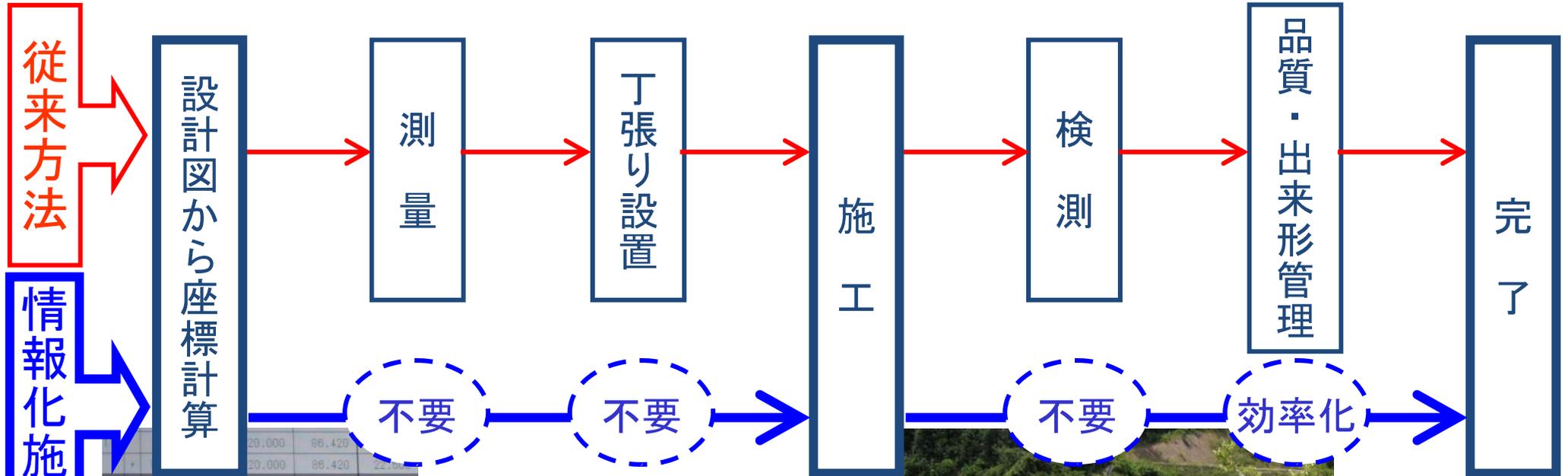
丁張りに合わせて施工



検測を繰り返して整形



品質・出来形管理



従来方法

情報化施工

設計図から座標計算

測量

丁張り設置

施工

検測

品質・出来形管理

完了

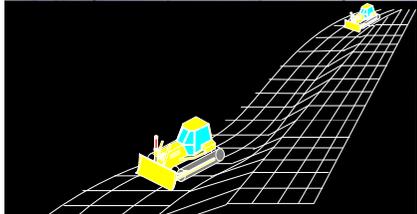
不要

不要

不要

効率化

20,000	96,420	
20,000	96,420	22,500
34,500	2230,000	96,442
34,500	2240,000	96,464



設計図から座標入力

排土板の自動制御で  
往復回数も減少!



建設機械が設計データを読み込み施工

# 情報化施工技術の例 (マシンガイドンス技術)

## マシンガイドンス (MG) 技術

TSやGNSSを用いて建設機械の位置を計測し、施工目標高さに対する差分をリアルタイムでオペレータに提供し、オペレータの操作支援を行うシステム

## MGバックホウ技術の事例

### 従来施工



- ・ 丁張りを目安に法面掘削作業

### 情報化施工

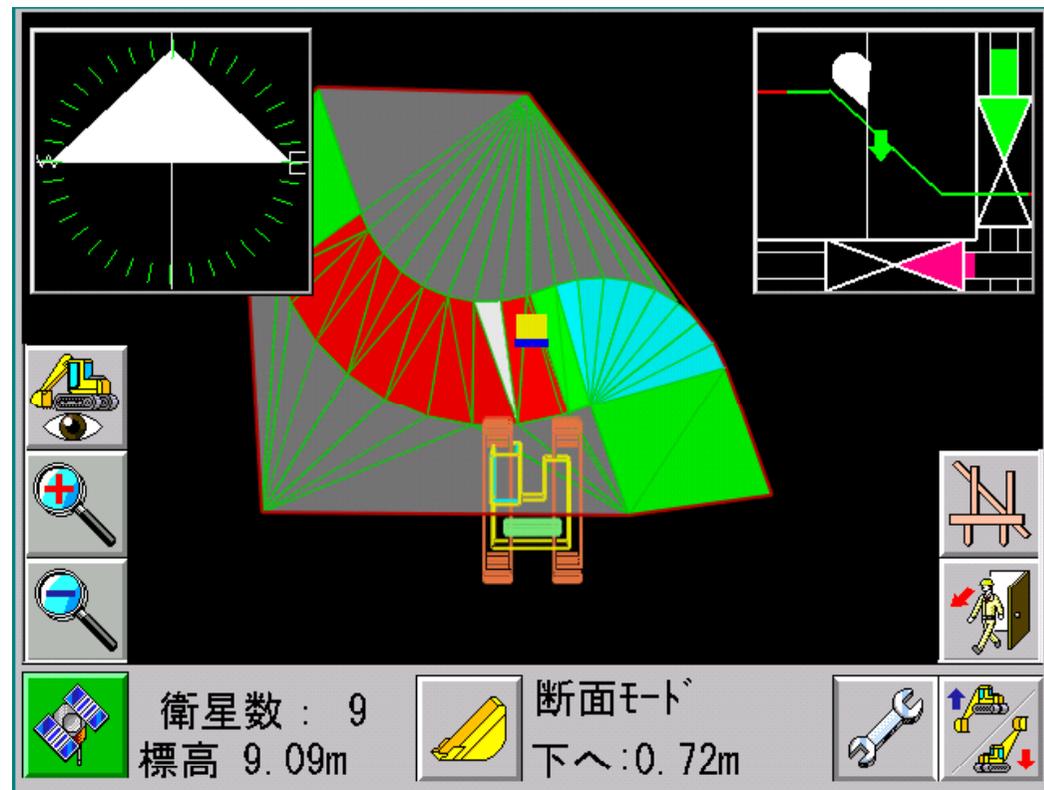


- ・ 丁張り無しでも施工図面を表示
- ・ オペレータのバケット操作を支援

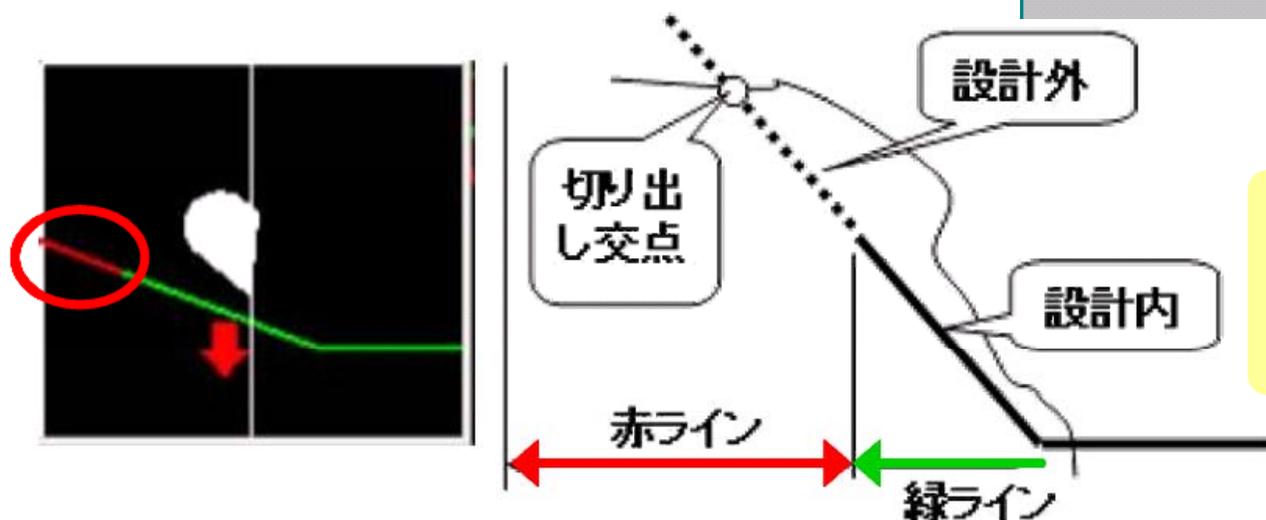
# マシンが「ダ」ンス表示画面の例



キャビン内のディスプレイ



## ディスプレイ表示の例



丁張りでの作業と同様に切り出し位置とのり面の傾斜がわかる表示

# マシンが「イダ」ンス技術の機器構成例 (MGバックホウ技術)



# MGバックホウ技術のバケット位置が分かる原理

$$x' = x + \sum_4^0 l$$
$$y' = y + \sum_4^0 n$$



# マシンガイド技術の導入事例



## 河川土工の堤防盛土工事

- 切り出し位置の確認が容易
- 法勾配の丁張りが不要
- 検測作業の削減により作業効率や安全性の向上
- 設計変更にも迅速に対応可能



## 浚渫工事

- 目視出来ない作業でもバケットの状態をリアルタイムにかつ正確に把握
- 設計通りの浚渫作業可能

# マシンコントロール(MC) /マシンガイド(MG)の導入効果

- 丁張りの削減
- 検測工程の削減
- 補助作業員の削減
- 施工効率の向上
- 燃料消費量の削減
- 安定した施工品質の確保
- 安全性の向上(検測作業の減少による接触事故防止)
- 人的作業ミスの削減
- 夜間作業など視認性が悪い現場での作業性向上
- 熟練オペレータ不足への対応
- 複雑な地形も簡単な地形と同程度の施工効率
- 材料(コスト)の削減 など

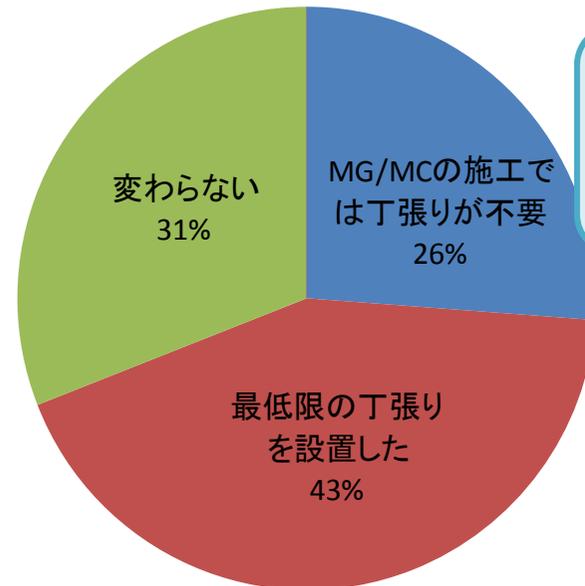


# 施工区間内での丁張り設置



平成21年度直轄工事における試験施工42件の結果

施工区間内の丁張り設置状況  
(MC/MG技術)

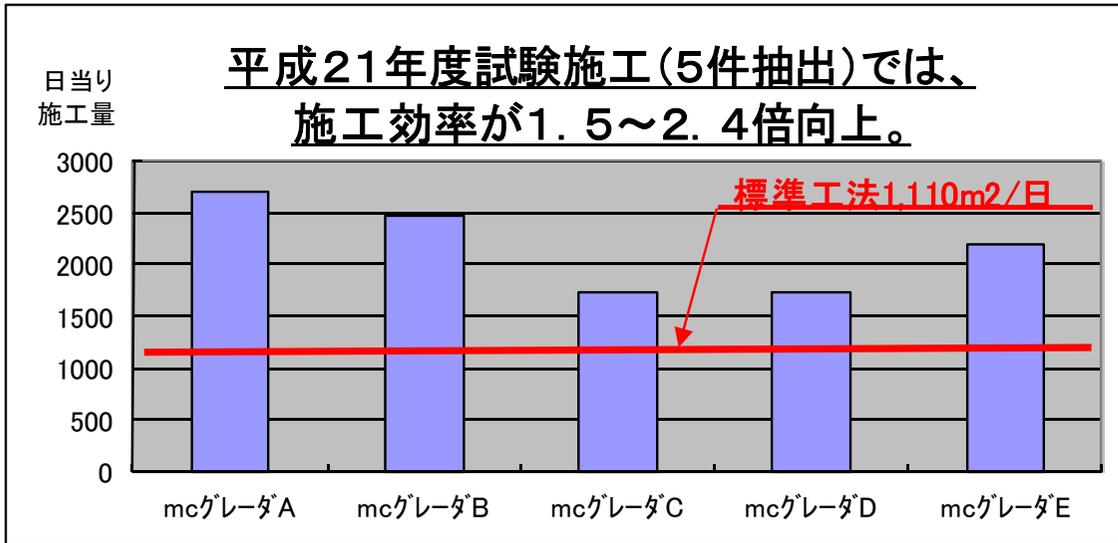


約2/3の工事  
現場で丁張りを削減

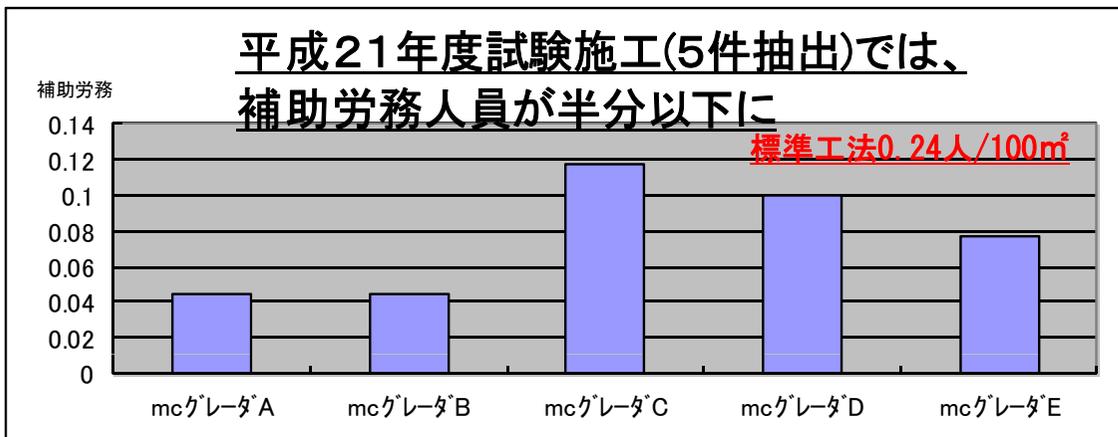
丁張り削減のイメージ

# 施工の効率化・省力化の事例

## MCモータグレーダ技術による施工の効率化(四国地整の例)



### 日当たり施工量



### 補助労務人員

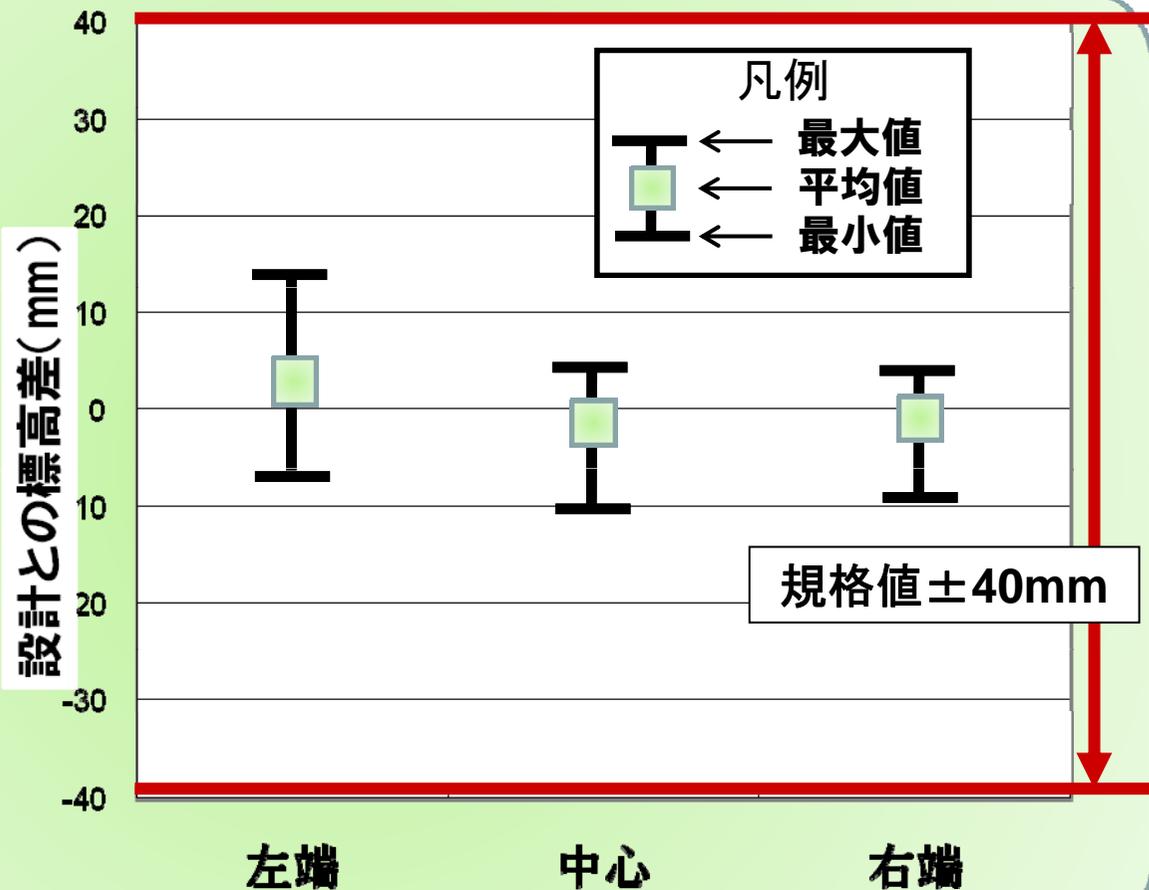


# 施工精度の向上の事例

## 情報化施工の施工品質 (平坦性)

モータグレーダのマシンコントロールによる平坦性は規格値の1/3以内に収まる

- 1件の工事のデータ
- モータグレーダのMC
  - 下層路盤の敷均し
  - 施工規模18,980m<sup>2</sup>
  - 計測延長 1320m
  - 計測点数 32点
  - 規格値 : ±40mm
  - 業者ランク 舗装A
  - 情報化施工経験:4工事



路盤工の平坦性

# 夜間でも施工が可能な情報化施工技術

## マシンコントロール (MC) 技術の導入事例



岩手県 花巻空港滑走路延長工事  
―夜間工事―



トータルステーションの設置



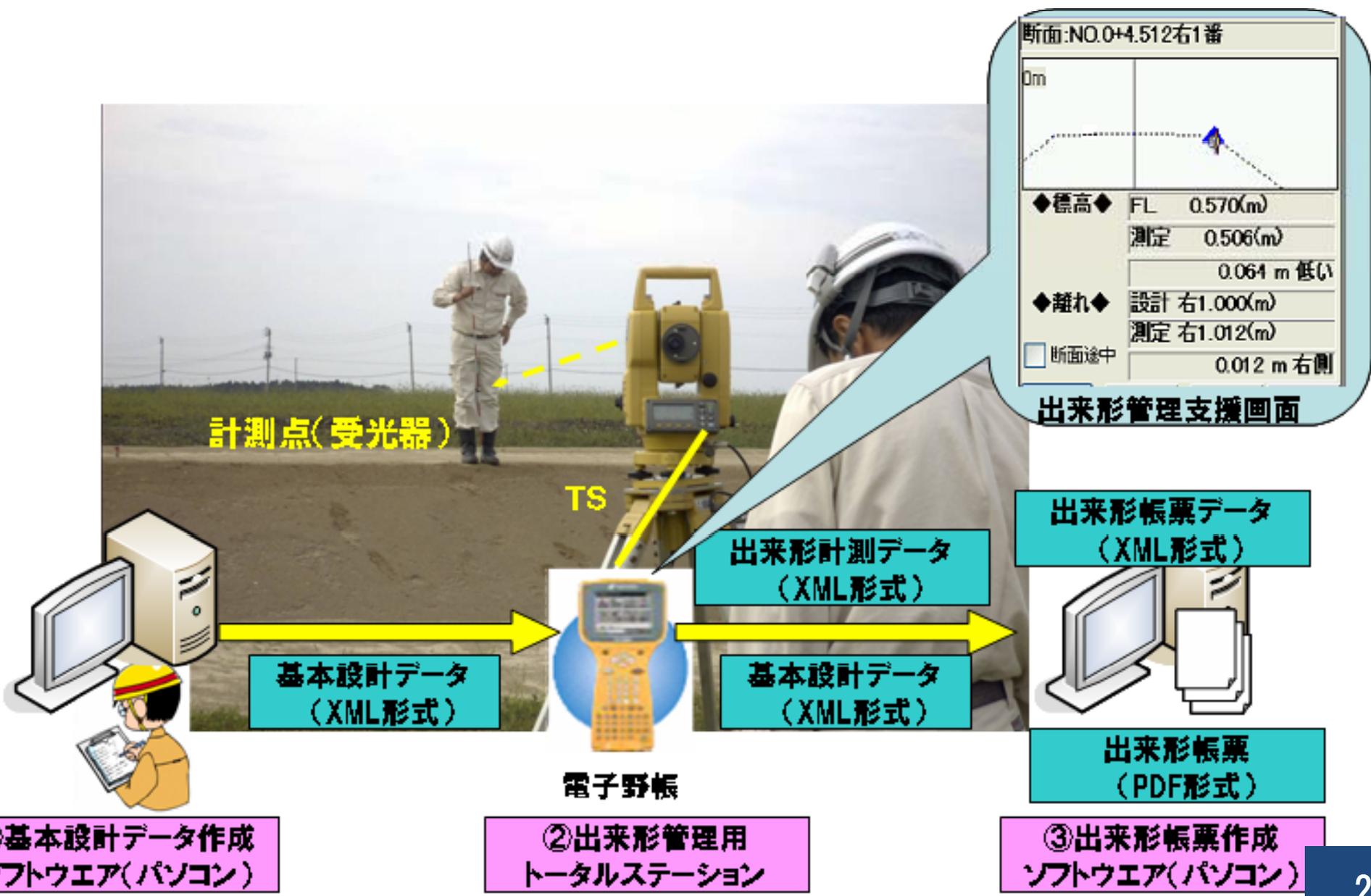
ブレード周辺の状況

「情報化施工」について

## 2. 情報化施工技術と導入効果

- ・ 施工管理に関する情報化施工技術と導入効果

# TSによる出来形管理技術

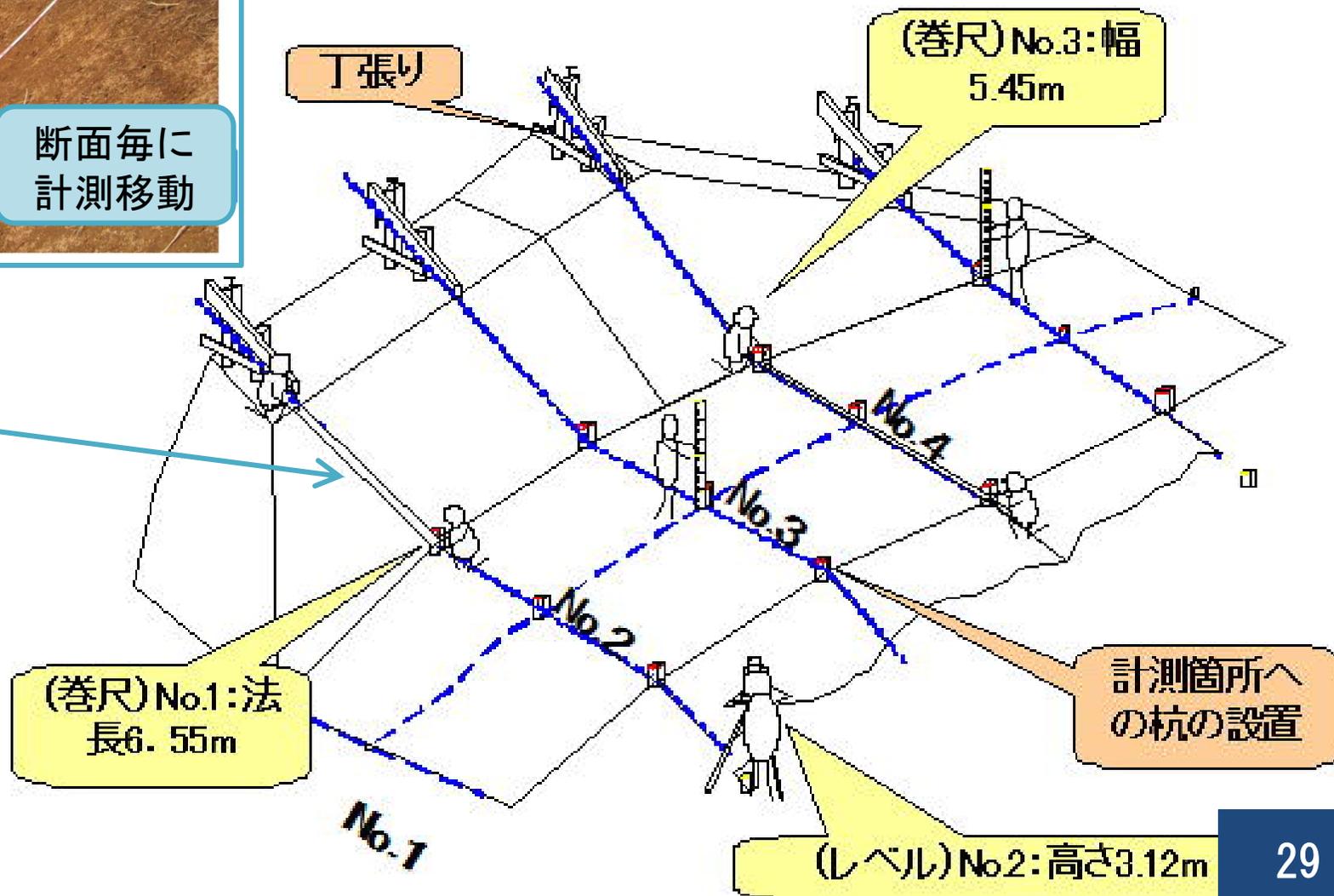


# 従来方法による出来形計測



- ・ 巻尺による法面長さの計測
- ・ レベルによる高さの計測

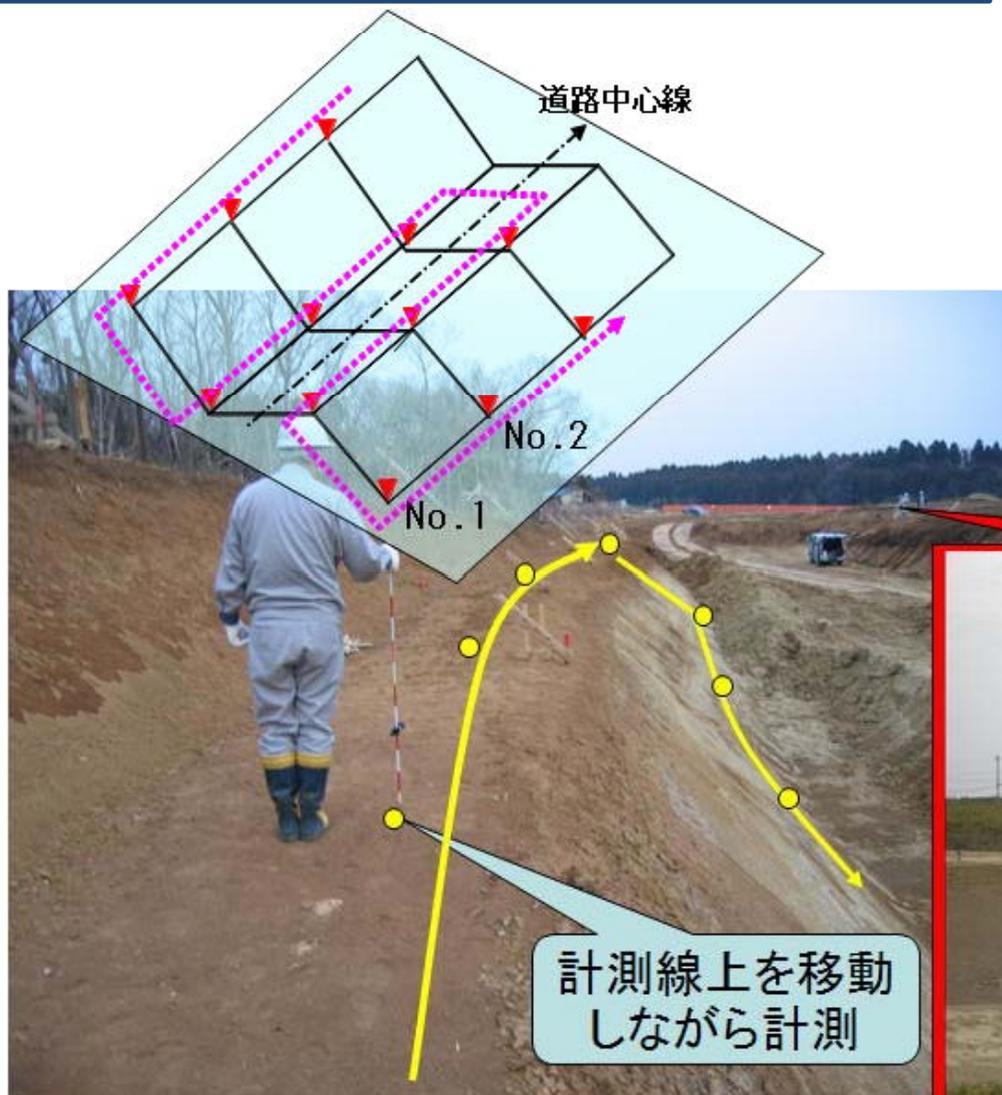
➡ 野帳に記録



# TSによる出来形計測

- ・ 計測点を移動しながら3次元座標を計測
- ・ 設計値との差分をリアルタイムに表示

➡ 測定データを自動記録

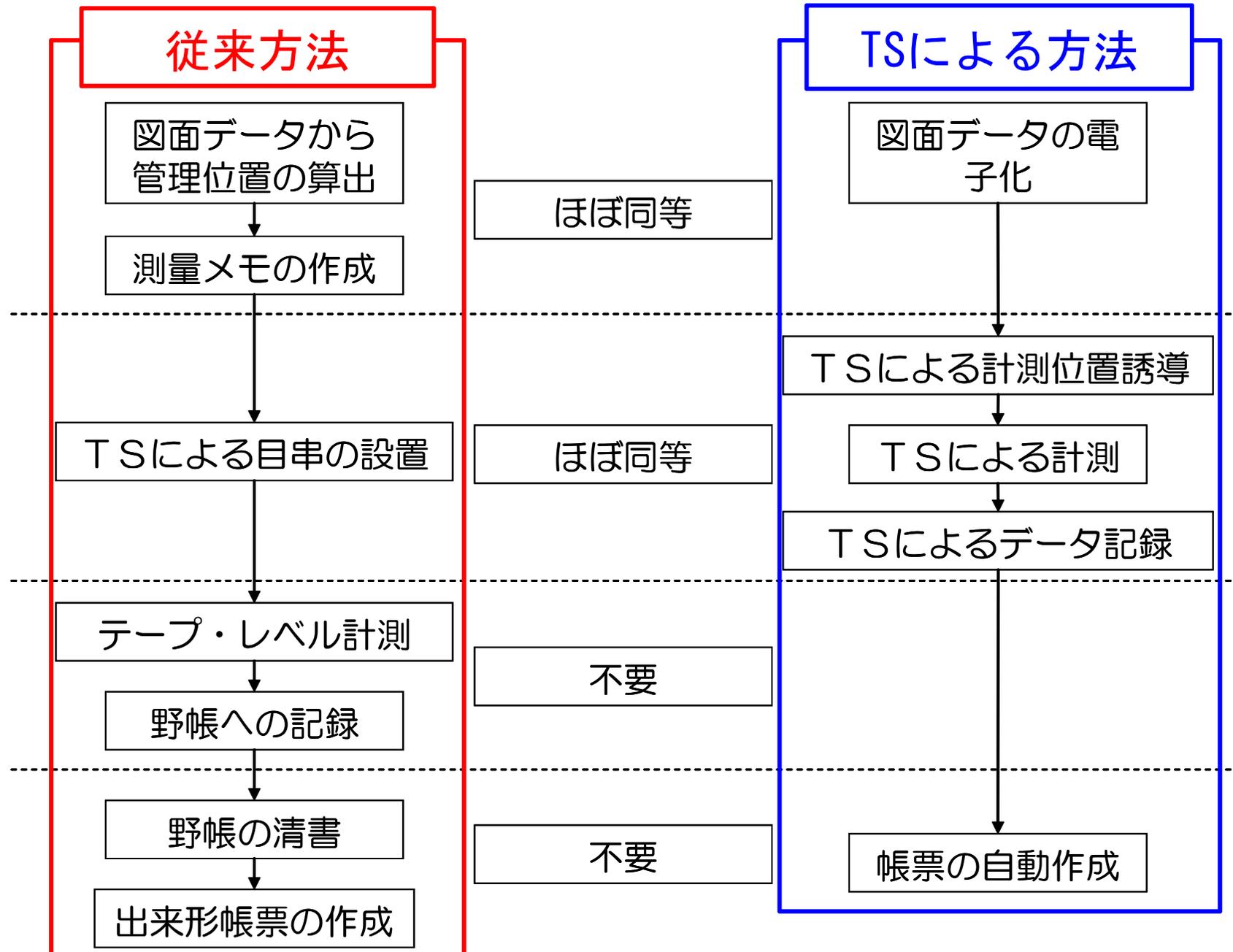


断面:NO.0+4.512右1番

0m	
◆標高◆	FL 0.570(m)
	測定 0.506(m)
	0.064 m 低い
◆離れ◆	設計 右1.000(m)
	測定 右1.012(m)
<input type="checkbox"/> 断面途中	0.012 m 右側



# 出来形管理の従来方法とTSとの比較



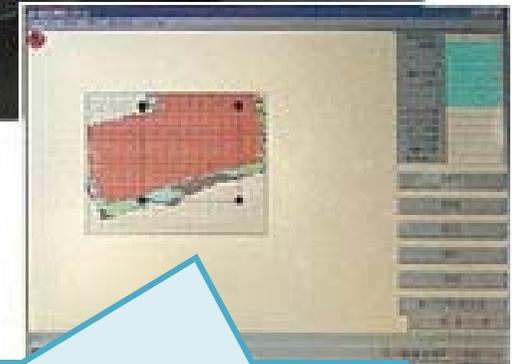
# TS・GNSSによる締固め管理技術

締固め管理ブロック毎の転圧回数管理により、現場での密度計測が不要に

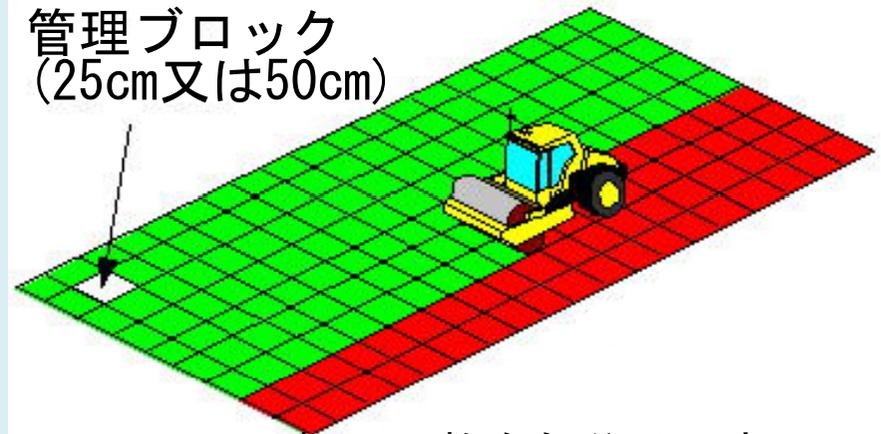


点での密度管理から  
面的な品質管理へ

締固め機械の平面位置を  
リアルタイムで計測



管理ブロック  
(25cm又は50cm)



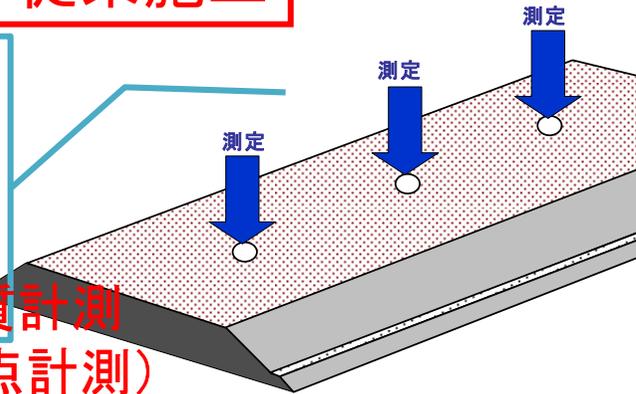
転圧回数を色分けで表示

# 締固め管理 (従来方法と情報化施工)

## 従来施工



RI法等の品質計測  
(100m<sup>2</sup>毎に1点計測)



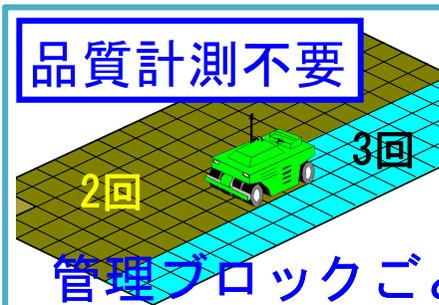
### 帳票作成

- ・ 盛土施工管理データ
- ・ 現場密度試験結果一覧
- ・ . . . 等

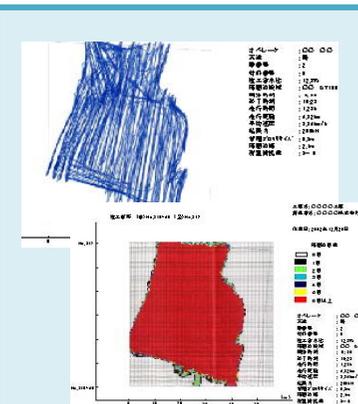
書類を多数作成

## 情報化施工

品質計測不要



管理ブロックごとの  
締固め回数をカウント



### 帳票作成

- ・ 走行軌跡図
- ・ 回数分布図
- ・ . . . 等

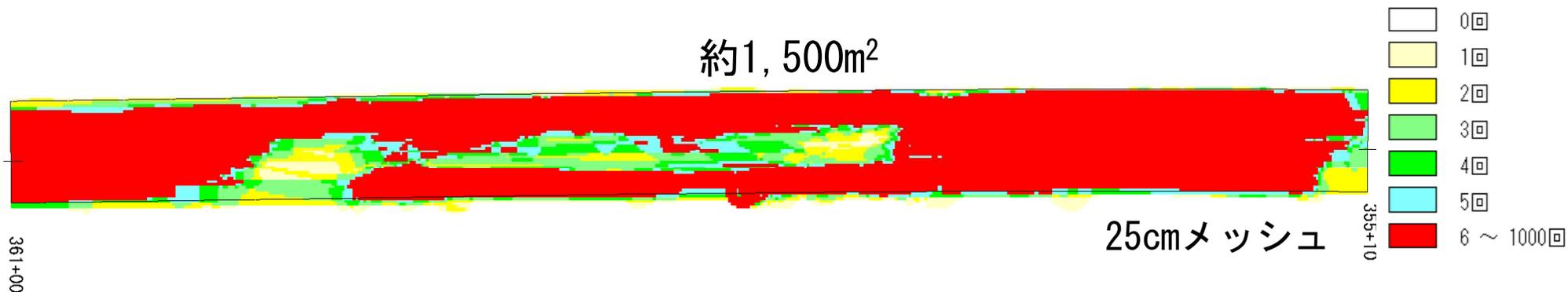
書類を自動作成

# TS・GNSSによる締固め管理技術の効果(品質)の事例

## 従来施工

締固めが所定の回数まで達していない箇所がある。

約1,500m<sup>2</sup>



## 情報化施工

施工と同時に確認できるので、確実に全面を所定の回数まで締固めできる。

約1,500m<sup>2</sup>



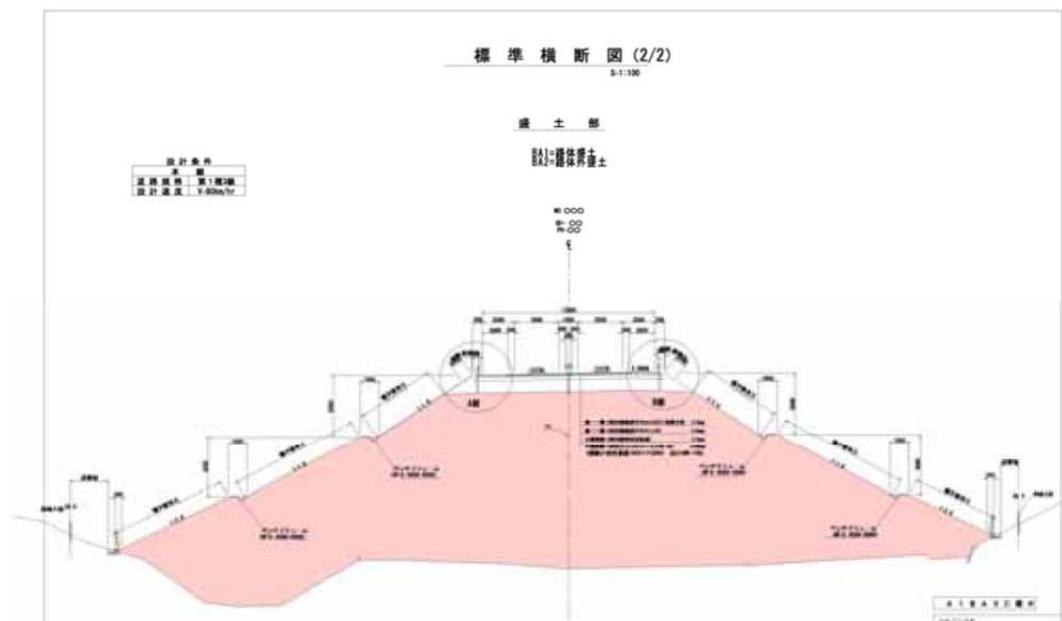
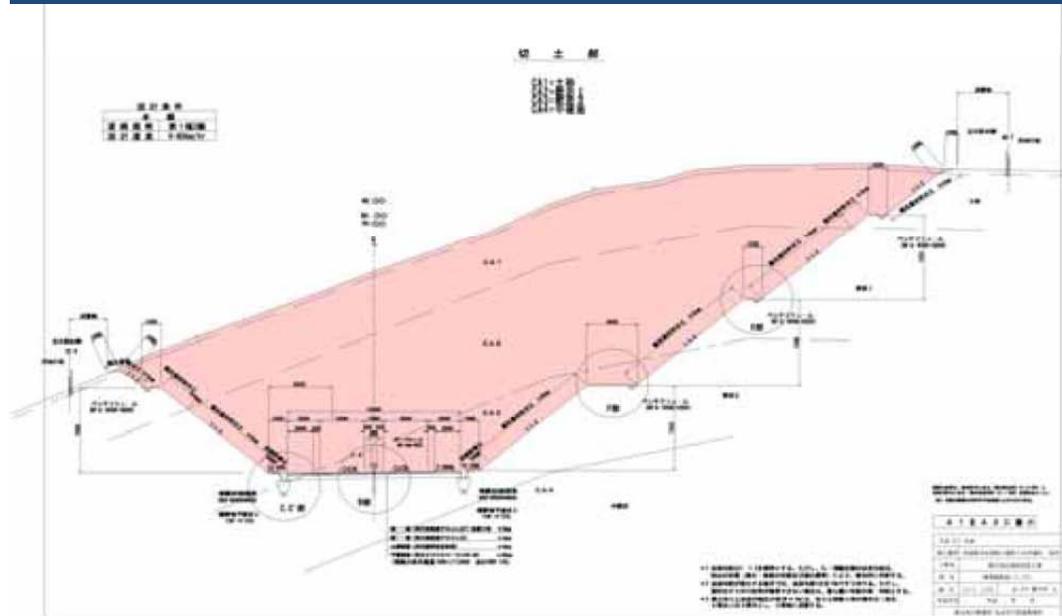
※過去の試験結果より

「情報化施工」について

### 3. 情報化施工の導入事例

- 事例① GNSS測量、MCブルドガーザ、MGバックホウ（復興関係）
- 事例② TS出来形、MCブルドガーザ、MGバックホウ
- 事例③ TS出来形
- 事例④ GNSS測量、MGバックホウ

# 事例①



工 期	H24.3~H25.3
掘削工	約13万m <sup>3</sup>
盛土工	約14万m <sup>3</sup>
法面工	約21万m <sup>2</sup>

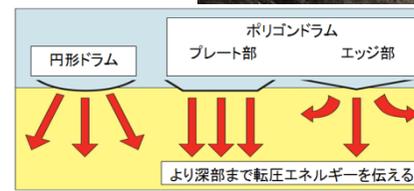
# 事例①



# 事例①



3D-MCブルドーザ技術



締固め管理技術

VRS (仮想基準点)  
方式のRTK-GNSS  
を使用



2D-MGバックホウ技術



GNSS測量

## 事例②

工事規模	掘削工：15,900m <sup>3</sup> 、石灰処理工：16,000m <sup>3</sup> 他
導入技術	TSによる出来形管理技術、MCブルドーザ技術、MGバックホウ技術

### 共通

工期	・ 1ヶ月ほどの工期短縮により、延長200m追加の契約変更
----	-------------------------------

### TSによる出来形管理技術

経済性	<ul style="list-style-type: none"><li>・ リボンテープ等の設置不要、写真管理軽減</li><li>・ TS出来形管理用のデータをMC/MG用のデータとしても活用し、データ作成を省力化</li></ul>
精度、品質、安全性	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 計測結果を現場でリアルタイムに確認できるため、施工品質が均一化</li><li>・ 日々の検測の作業頻度が低減し、重機作業周辺の手元作業等の接触事故の防止に寄与</li></ul>

## 事例②

### MCブルドーザ技術

経済性	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 通常、検測や丁張のための作業員が2名ほど現場にいるが、今回現場には重機オペレータ以外は不要</li></ul>
精度、品質、安全性	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 均一な品質の確保と中間点においてもデータによる設計との差異の確認が可能</li><li>・ 現場に検測や作業指示の作業員等、重機オペレータ以外に人がいないため、接触のリスクが少なく安全性が向上</li></ul>

### MGバックホウ技術

経済性	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 丁張りを全て省略し、3ヶ月間2名分の人件費、材料代、撤去後の片づけ、資材置き場での再利用等の作業を削減</li><li>・ 丁張設置の待ち時間、仕上確認の降車、掘削の目安となる水系を張る手間等がなくなり、作業が効率化</li><li>・ MGバックホウを利用して丁張りの代わりとなる位置出しを行い、通常のバックホウで整形</li></ul>
精度、品質、安全性	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 現場に検測や作業指示の作業員等、重機オペレータ以外に人がいないため、接触のリスクが少なく安全性が向上</li></ul>

## 事例③

工事規模	道路改良工事：延長820m 道路土工1式、舗装工1式、地盤改良工1式 他
導入技術	TSを用いた出来形管理技術

### TSによる出来形管理技術

経済性	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 出来形管理以外に日々の測設や丁張り設置等へ利用し、一元的な施工・施工管理用のデータとして活用</li><li>・ 事務所内の計算なしで、いつでも任意の場所に丁張り設置が可能</li><li>・ 1度データを作成すると日々の丁張り設置のための計算作業(1日2時間程度)が不要</li></ul>
精度、品質、安全性	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 計測結果を現場でリアルタイムに確認できるため、施工品質が均一化</li><li>・ 基準点の誤差が計測値に影響するため、同じ基準点を利用して計測する等の工夫が必要</li></ul>

## 事例④

工事規模	掘削工：110,000m <sup>3</sup> 、法面整形工：10,000m <sup>2</sup> 他
導入技術	GNSS測量技術、MGバックホウ技術

### 共通

経済性	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 作業の効率化以上に機械を効率的に稼働させることで経済性を確保（機械の待ち時間を減らすことが大事）</li><li>・ 通常は施工管理担当者（測量・丁張り設置）が3人必要なところ1人で対応</li><li>・ 大規模工事ではなく小規模な工事の方が効率が上がる（大規模では作業の段取り換えや工程調整のロス低減のスパンが長い、小規模ではスパンが短く迅速な段取り替えや工程調整の柔軟性が要求されるためMGバックホウの活用で効率化）</li></ul>
精度、品質、安全性	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 面的な施工のバラツキが減少</li><li>・ 曲線部や勾配変化も従来より精度良く仕上げる事が可能</li><li>・ 重機の周辺に補助員が立ち入らないため安全性が向上</li><li>・ 丁張りが少ないため現場での転倒などの防止にも寄与</li></ul>

「情報化施工」について

## 4. 国土交通省における情報化施工の普及推進

# 情報化施工の普及推進の経緯

## H20. 2 「情報化施工推進会議」設置

※産学官で構成 【委員長：建山和由 立命館大学教授】

## H20. 7 「情報化施工推進戦略」(H20～24)策定

※3つの重点目標と28課題を設定、短期・中長期のロードマップを明示

## H22. 8 「情報化施工技術の一般化・実用化の推進について」通達

※一般化推進技術(TS出来形(土工)、MCモグラダ)と実用化検討技術(TS・GNSS締固め管理、MC/MGブルドーザ、MGバックホ)を選定、普及推進の具体的な措置を明示

## H24. 8 「社会資本整備重点計画」閣議決定

※「計画の実効性を確保する方策」に「情報化施工の普及の促進」を位置付け

## H24. 12 「国土交通省技術基本計画」策定

※「重点プロジェクト」に「情報化施工に関する研究」を位置付け

## H25. 3 「情報化施工技術の使用原則化について」通達

※使用原則化の実施方針(TS出来形(土工)を使用原則化)

## H25. 3 新たな「情報化施工推進戦略」(H25～29)策定

※情報化施工の目指す姿を明示、5つの重点目標と10の取り組みを設定

# 新たな「情報化施工推進戦略」（平成25年3月29日）

## 第1章 ポイント① 情報化施工の目指す姿を明示

### 情報化施工の目指す姿

- 情報化施工のあり方
- 情報化施工推進の目的
- 情報化施工推進の仕組み

## 第2章

### 建設事業の課題と情報化施工への期待

- 建設事業を取り巻く課題
- 情報化施工の導入の意義

## 第3章

### 情報化施工推進を巡る現状

- 国内外における動向
- 前推進戦略の実績と今後の課題

## 第4章 ポイント② 5つの重点目標と10の取り組みを設定

### 推進戦略期間中における重点目標

- 情報化施工推進の目的に基づく目標設定
- 重点目標
- 本推進戦略における取り組み
- ロードマップ

## 第5章 ポイント③ 継続的な実効性を確保する施策を明示

### 推進戦略の継続的な実効性の確保

- 実施体制
- 継続的な実効性を確保する施策
- フォローアップ

# 新たな「情報化施工推進戦略」（平成25年3月29日）

## 5つの重点目標と10の取り組み

### ①情報化施工に関連するデータの利活用に関する重点目標

- 1) 情報化施工による施工管理要領、監督・検査要領の整備
- 2) 情報化施工の定量的な評価の実施
- 3) 技術基準類（設計・施工）の整備
- 4) CIMと連携したデータ共有手法の作成

### ②新たに普及を推進する技術・工種の拡大に関する重点目標

- 5) 新たな技術や既存の技術を導入し普及する仕組み作り

### ③情報化施工の普及の拡大に関する重点目標

- 4) CIMと連携したデータ共有手法の作成（再掲）
- 6) 一般化及び実用化の推進
- 7) ユーザーが容易に調達できる環境の整備

### ④地方公共団体への展開に関する重点目標

- 8) 情報発信の強化
- 9) 情報化施工の導入現場の公開や支援の充実

### ⑤情報化施工に関する教育・教習の充実に関する重点目標

- 10) 研修の継続と内容の充実

# 情報化施工技術の使用原則化について(平成25年3月15日)

一般化する情報化施工技術は、一般化する範囲において特記仕様書に当該技術を使用しなければならないことを規定する。ただし、受注者の責によらない場合には、使用しないことを認める。

- ・ 使用原則化の対象とする工事の全てで使用を原則化する。ただし、これにより難しい場合、監督職員と協議の上、使用しないことを認める。
- ・ 対象としない工事においては、引き続き普及の推進を図り、普及状況等により使用原則化工事の範囲を拡大する。
- ・ 使用原則化を開始してから最大5年をもって、技術の定着状況を踏まえて、見直すものとする。

使用を原則化する技術	使用原則化の対象とする工事
TSによる出来形管理技術 (土工)	10,000m <sup>3</sup> 以上の土工を含む「TSを用いた出来形管理要領(土工編)」が適用できる工事