

# LiDAR SLAM計測技術等を活用した 施工管理手引き（案）

沖縄県

# 1.はじめに

公共事業（国土開発費）における国と地方の歳出割合は、総務省の調査によると

「**国 26%：地方 74%**」とされている。

平成28年度より国土交通省が推進するICT 施工の実施は、2024年度時点で国の直轄工事において**約89%**の公告件数に達しており、ほぼ標準化されている。

一方、「地方自治体が発注する工事では ICT施工の実施率は**24%**」と依然として低く、3年連続で20%台にとどまっている。

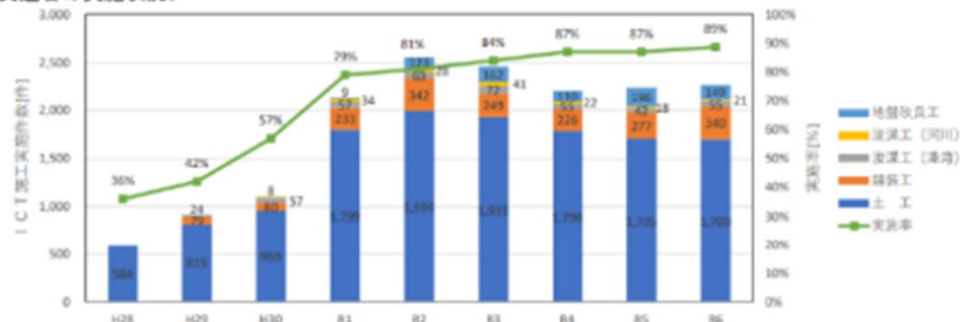
このように、地方自治体が公共事業費の約3/4を担っているにもかかわらず、ICT施工の導入率は国に大きく劣っており、建設業界全体の効率化・省力化を進める上で大きな課題となっている。

## 土木工事におけるICT施工の実施状況



- 2024年度における直轄土木工事のICT施工実施率は、公告件数の約9割で実施。
- 都道府県・政令市では、ICT土工の対象工事が増え、実施件数も増加している。

＜国土交通省の実施状況＞



＜都道府県・政令市の実施状況（ICT土工）＞



## 2. 地方自治体におけるICT施工導入の課題

ICT施工の導入が地方で進まない背景には、以下のような要因が挙げられる。

### ① ICT施工に対する誤解

一部の中小建設業者では「**ICTフル活用が必須**」との誤認があり、現場条件に応じた部分的な活用でも十分な効率化が可能であることが周知されていない。

### ② 工事規模と地域性の違い

地方自治体の工事は小規模かつ地域密着型であり、国の直轄工事と同様のICT施工手法が適用しづらい。

### ③ 技術・人材・予算の制約

ICT機器の導入や操作に必要な技術者の不足、予算的な制約、積算基準への理解不足などが障壁となっている。



これらの課題を踏まえ、地方自治体の工事規模や地域性に適したICT施工の整備が求められる。



沖縄県では、LiDAR SLAM計測技術等を活用し、正確な数量把握を可能とする事で、出来形計測や出来高算出に伴う寸法計測及び写真管理、図面作成、帳票作成の煩雑さを軽減し、施工記録の簡素化を目指す。

### 3.LiDAR SLAM計測技術等を活用した施工管理の試行要領について

本試行要領は、従来の巻尺等による幅、延長等を計測していた行為について、LiDAR SLAM計測技術等の3次元計測技術を活用し、出来形計測および出来高計測を行うものである。

#### ①対象工事

以下の工事を原則とする

- ・土工
- ・舗装工
- ・道路維持修繕工
- ・共同溝工

#### ②3次元計測技術

主に活用できる3次元計測技術

- 1) LiDAR SLAM計測技術
- 2) 「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」で適用可能な計測技術

#### ③精度確認・要求精度

| 計測              | 測定精度                                                                             | 計測密度                                |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 出来形計測<br>【断面管理】 | 規格値の1/3未満（2点間距離）<br><br>※ただし、規格値の1/3が±30mmを超える場合、要求精度は±30mmとする。                  | 1点/0.0025㎡<br>(0.05m×0.05m<br>メッシュ) |
| 出来高計測           | 【寸法を用い算出（従来手法）する場合】<br>±20mm以内（2点間距離）<br><br>【三次元CADを用い算出をする場合】<br>±50mm以内（座標較差） |                                     |

# 精度確認試験

## 4.二点間距離を用いた精度確認試験

受注者は、利用する3次元計測技術が所定の計測性能を有し、かつ適正な精度管理が行われていることを確認する。また、計測性能及び精度管理について確認できる書類等を監督職員に提出する。

STEP1

標定点・検証点の設置

STEP2

標定点間距離および検証点間距離を**真値**として計測

STEP3

3次元計測技術で撮影する

STEP4

計測した点群データの標定点間距離を計測し**真値に合わせ**て**拡大縮小（縮尺変更）**を行う

STEP5

拡大縮小した結果の点群データから計測した検証点間の寸法と**真値を比較し精度確認**を行う

STEP6

試験結果報告書の作成

## 4.二点間距離を用いた精度確認試験

### STEP1 標定点・検証点の設置

- ・ 基準となる標定点を2点設置および精度確認の為の検証点を2点設置する。  
(標定点及び検証点設置参照)
- ・ 標定点、検証点を設置する代わりに、長さが既知の標尺を使用しても良い。  
(標尺設置状況参照)

※標定点、検証点は計測対象を超える長さとなるよう設置すること



標定点の例



標定点及び検証点設置

○ 標定点 ○ 検証点



標尺設置状況

## 4.二点間距離を用いた精度確認試験

### STEP2 標定点・検証点の距離を計測

- ・設定した標定点と検証点の距離を計測する。計測には巻尺もしくはTSを用い計測を行う。巻尺を使用する際には、たるんだりしない様に正確に計測する。

#### 計測に使用する物



巻尺

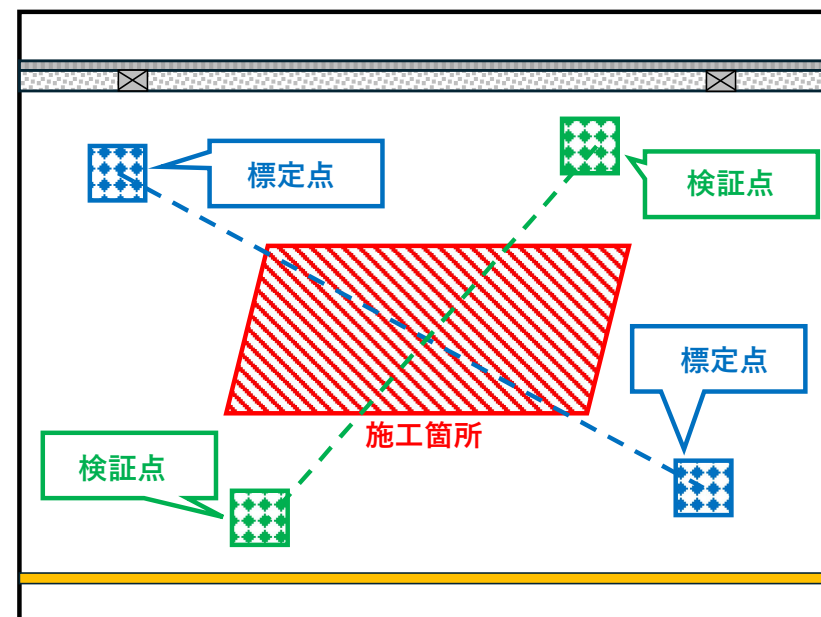


トータルステーション

#### 現場計測のイメージ



標定点2点間距離計測状況(巻尺使用)



計測時イメージ図

標定点を計測した際の真値が分かるようにアップの写真撮影しておく事。

## 4.二点間距離を用いた精度確認試験

### STEP3 3次元計測技術で撮影する

・ 3次元計測は以下の技術を用いる。

- 1) LiDAR SLAM機器
- 2) 「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」で適用可能な計測技術



1) LiDAR SLAM機器



2) LiDAR搭載のモバイル端末



2) 地上写真測量の例

#### 注意点

使用する計測技術は下記の性能を有する3次元計測技術を利用する。

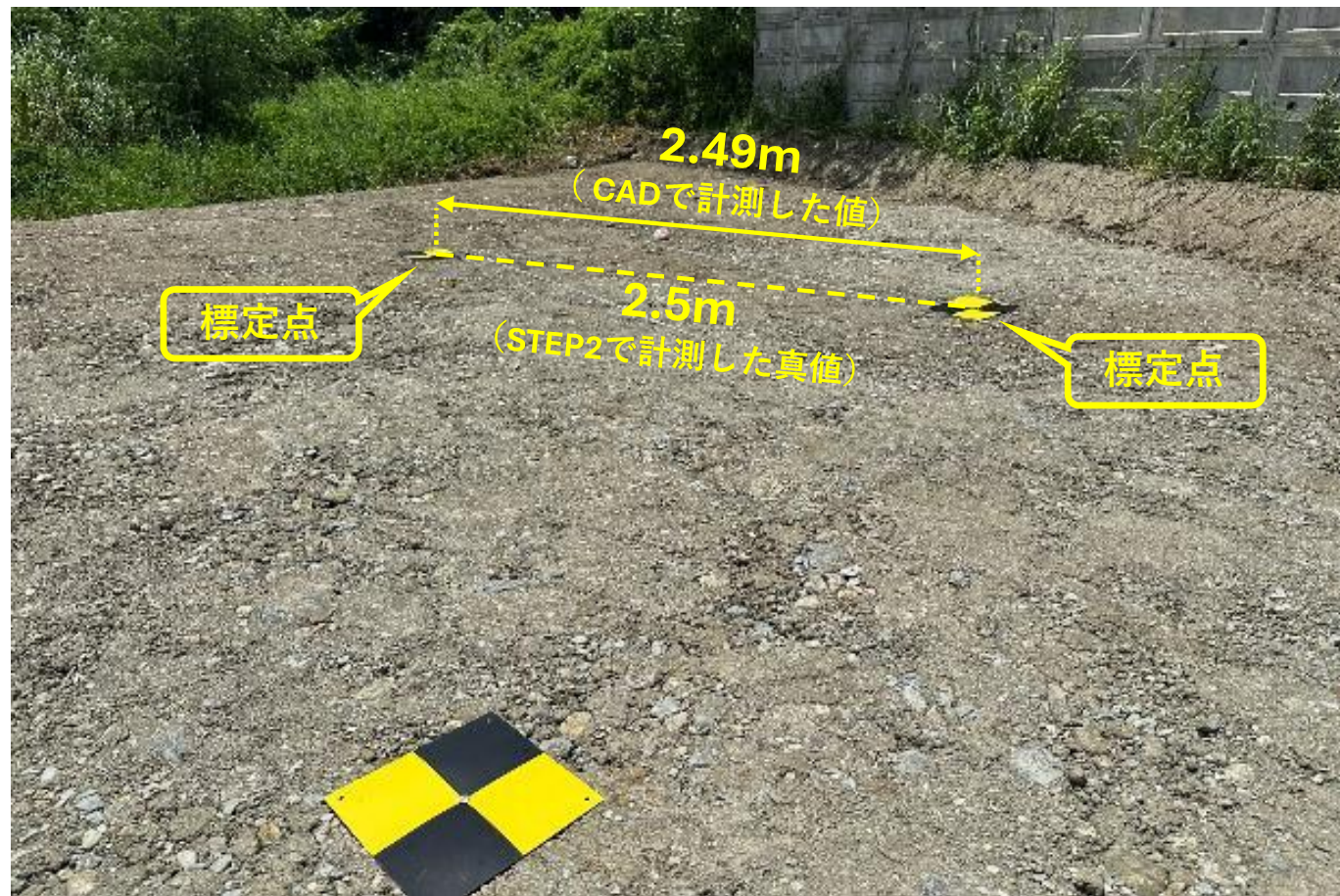
- 1) 出来形管理における要求精度（2点間距離）は規格値の**1/3**とする。  
ただし規格値の1/3が30mmを超える場合は要求精度は**30mm**とする。
- 2) 出来高数量算出における要求精度（2点間距離）は**20mm**とする。

出来形管理の実施内容・実施方法については国土交通省の定めた「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」の各章を参照に実施する。

## 4.二点間距離を用いた精度確認試験

**STEP4** 計測した点群の標定点間距離を計測し真値に合わせて **拡縮（縮尺変更）** を行う

- 現場にて取得した点群から3次元CAD等を用いて寸法を計測する。  
標定点の計測結果をSTEP2で計測した標定点の真値に合わせてように **拡縮（縮尺変更）** を行う。下記の例では2.49m→2.50mに計測点群全体を拡大



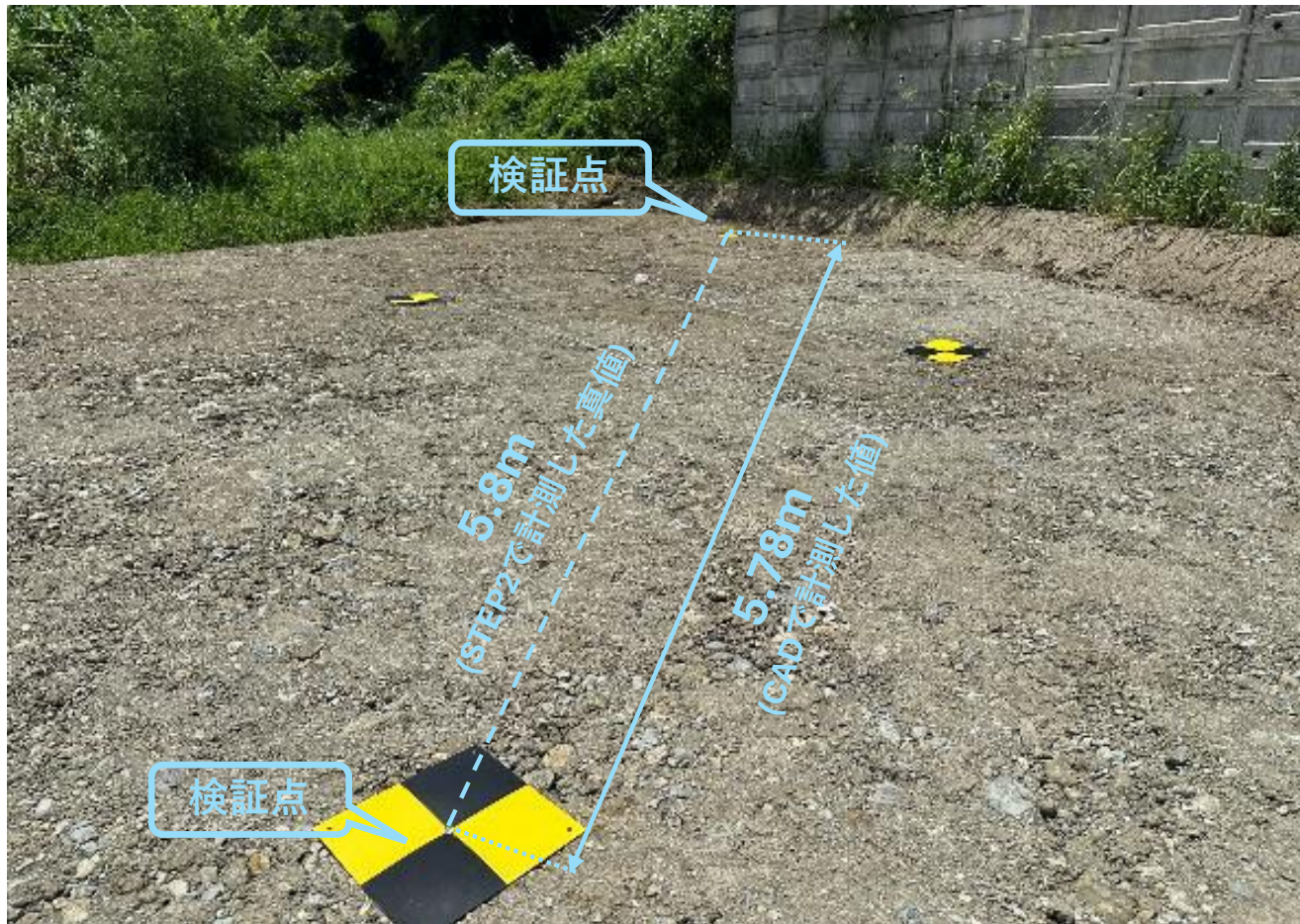
標定点拡縮状況

## 4.二点間距離を用いた精度確認試験

### STEP5

拡大した結果の点群から計測した検証点間の寸法と真値を比較し精度確認を行う

- 取得した点群の寸法の精度を確認するため、検証点の寸法と拡大した数値を確認し、誤差**20mm**以内である事を確認する。



検証点寸法確認状況

## 4.二点間距離を用いた精度確認試験

### STEP6

### 試験結果報告書の作成

・精度管理が行われていることを確認出来れば、計測性能及び精度管理について確認出来る報告書を作成し、発注者に提出する。

(様式)

#### 精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工事名:

受注者名:

作成者:

印

#### (1) 試験概要

|                    |                                                         |
|--------------------|---------------------------------------------------------|
| 測定日                | 〇〇年〇〇月〇〇日                                               |
| 測定条件               | 天候:晴れ 気温: 8℃                                            |
| 測定場所               | 〇〇工事 現場内                                                |
| 精度確認の対象機器          | メーカー : 株式会社ABC<br>測定装置名称: ABC-123<br>測定装置の製造番号: ABC0123 |
| 検証機器 (真値を計測する測定機器) | テープ                                                     |
| 精度確認方法             | ・テープ計測値と計測点群との2点間距離の較差                                  |

#### (2) 精度確認試験結果

検証点名: 〇〇〇〇

|               | 2点間距離     |
|---------------|-----------|
| ① 真値の計測結果     | 44010.720 |
| ② 計測点群による計測結果 | 44010.725 |
| ③ 差の確認 (測定精度) | 0.005     |

2点間距離 (最大) = 0.005m (5mm); 合格 (基準値±20mm 以内)

精度確認試験結果報告書

# 4.二点間距離を用いた精度確認試験

## 重要ポイント

### 1.出来高管理について

計測精度の担保が確認出来れば出来高管理として、従来手法の平均断面法等による体積計算や三斜ヘロン等の面積計算に利用する手法として、点群データを取得した寸法や3次元CAD等を用いて計測した値を用いる事が出来る。



- ・ 取得した点群データの寸法から数量を算出する場合の要求精度 = **20mm** (2点間距離)
- ・ 3次元CADを用い算出の場合の要求精度 = **50mm** (座標較差)

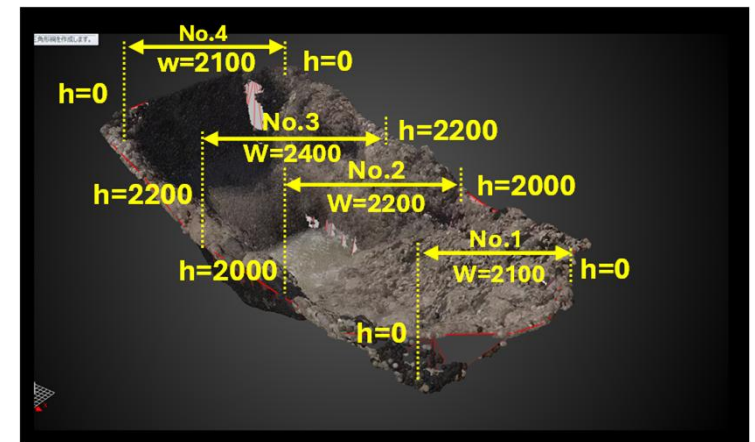
### 2.写真管理について

色付き点群データを取得し計測箇所・計測値を明示出来る場合(寸法線等)はその結果を

納品する事で、従来の写真管理を省略する事が出来る。  
その場合は発注者と事前に協議を行うこと。



色付き点群データである事が原則だが、夜間現場や洞窟、トンネル等の現場条件によっては色付きでなくても写真管理の省略することができる。その場合は発注者と事前に協議を行うこと。



3次元計測技術を用いた出来形計測及び出来高計測

# 5. 出来形計測及び出来高計測

## CASE① 掘削工(現場計測)

### 従来方法

- ・ 掘削後にリボンテープにて縦、横の寸法計測
- ・ スタッフにて掘削深検測



従来手法による計測状況



1ヵ所辺り計測係、写真撮影係、底部計測係、作業時間約10分、狭隘かつ不安定な底部に降りての計測と人工も時間も掛ければ安全面にも不安が・・・

### 改定後

- ・ モバイル端末によるLiDAR計測及びSLAM技術を活用した多点計測



LiDAR搭載のモバイル端末



SLAM LiDAR機器



掘削箇所の計測点群



1人で計測可能、1ヵ所辺り計測作業2分と大幅に人工も時間も短縮可能。

# 5.出来型計測及び出来高計測

## CASE① 掘削工(計測後作業)

### 従来方法

- ・ 撮影データをパソコンに取り込み、写真整理ソフトにて台帳作成



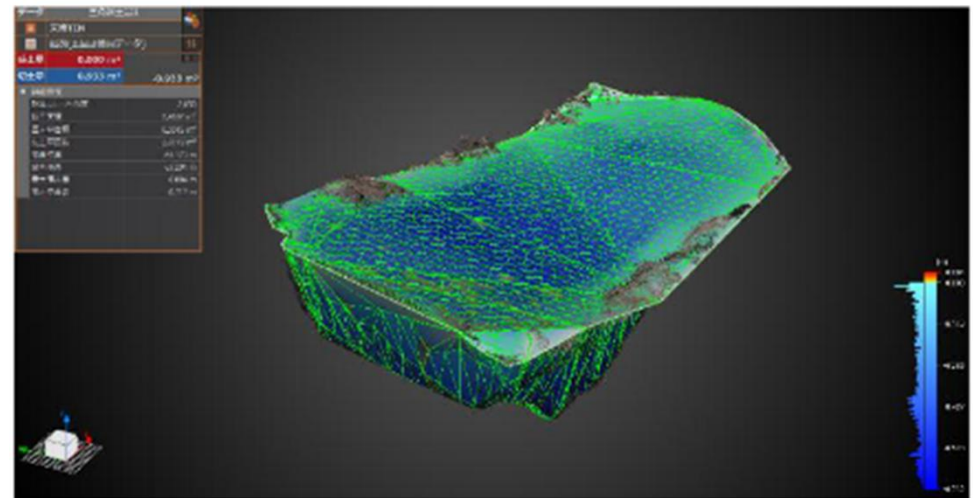
整理した1ヵ所辺りの写真台帳



1ヵ所辺り6枚程度の詳細写真が必要→撮影箇所が多くなれば膨大な撮影枚数、整理時間の増加と多大な時間が必要に・・・

### 改定後

- ・ モバイル端末によるLiDAR計測及びSLAM技術で計測したデータを読み込み点群処理作業を行う



掘削箇所の数量算出結果



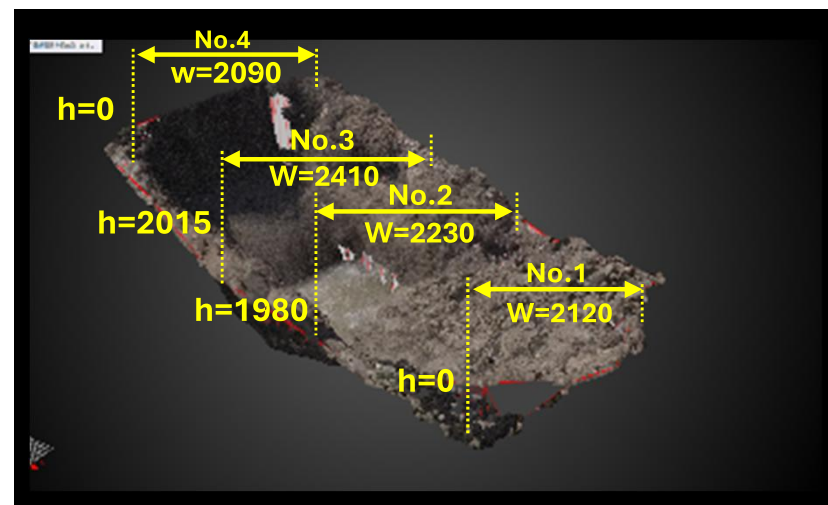
1ヵ所辺りの点群処理作業は約13分程度、現場での計測作業と合わせても15分/箇所と見積られる。

## 5. 出来形計測及び出来高計測

取得点群から3次元CADを用いて計測した寸法を  
出来形管理に必要な寸法として活用できる。



従来手法



CADを用いた寸法計測

| 測定項目   | 幅    |      |     | 測定項目   | 深さ   |      |     |
|--------|------|------|-----|--------|------|------|-----|
| 規格値    | ±50  |      |     | 規格値    | ±50  |      |     |
| 測点又は区別 | 設計値  | 実測値  | 差   | 測点又は区別 | 設計値  | 実測値  | 差   |
| No.1   | 2100 | 2120 | 20  | No.1   | 0    | 0    | 0   |
| No.2   | 2200 | 2230 | 30  | No.2   | 2000 | 1980 | -20 |
| No.3   | 2400 | 2410 | 10  | No.3   | 2000 | 2015 | 15  |
| No.4   | 2100 | 2090 | -10 | No.4   | 0    | 0    | 0   |

出来形管理図表

## 5. 出来型計測及び出来高計測

### CASE① 掘削工について(まとめ)

#### 【掘削工箇所が100箇所の場合】

##### 従来方法

- ・ 現場計測→1箇所辺り計測作業10分、3人工で約**50時間**の作業
- ・ 数量算出→1人工で1日間(**8時間**)の作業
- ・ 写真整理→1人工で3日間(**24時間**)の作業



合計**82時間**の作業



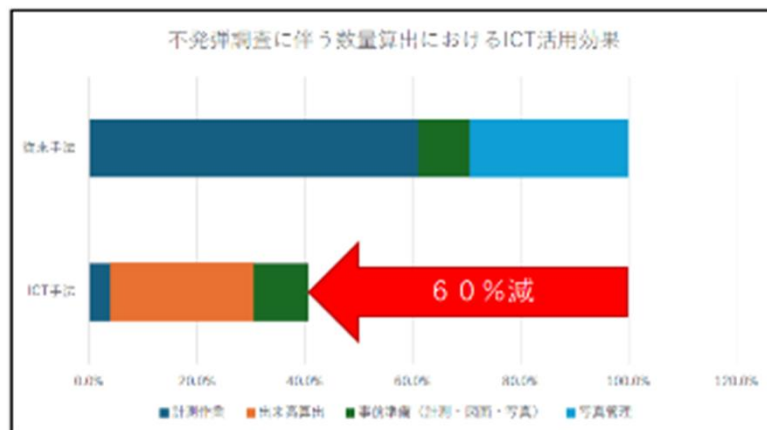
**作業時間  
大幅削減**

##### 改定後

- ・ 現場計測→1人工で1箇所辺り計測作業2分→100箇所では約**3.3時間**
- ・ 点群処理→1人工で1箇所辺り13分→100箇所では約**21.7時間**
- ・ 数量算出→点群データの活用により1箇所辺り5分→100箇所では約**8.3時間**



合計**33.3時間**の作業



従来手法と比べて  
作業時間**60%減**↓



**ICTを活用する事で作業  
効率大幅UP↑**

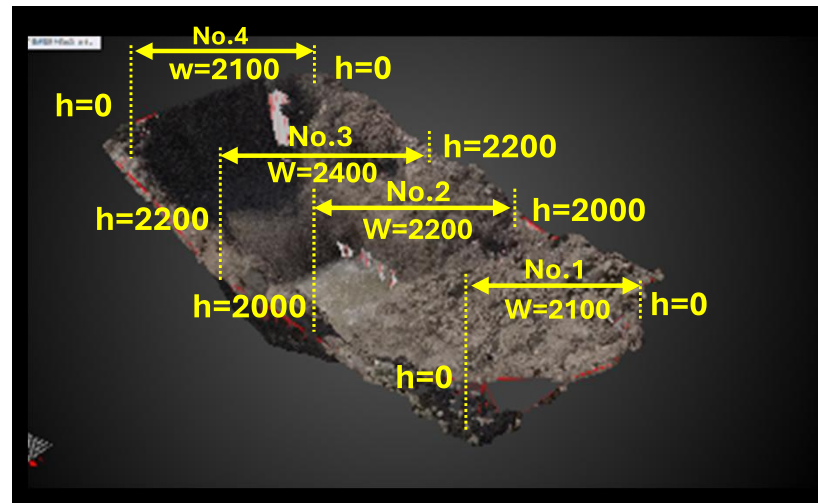
# 3次元CADを用いた土量計算

## 6.3 次元CADを用いた土量計算

取得点群から3次元CADを用いて計測した寸法を従来手法による面積・体積計算に必要な寸法として活用できる。



従来手法



CADを用いた寸法計測

取得した点群データから3次元CAD等を用いて計測した寸法を、従来手法である平均断面法などによる体積計算や、三斜法・ヘロン法などによる面積計算に必要な寸法として活用することができる。

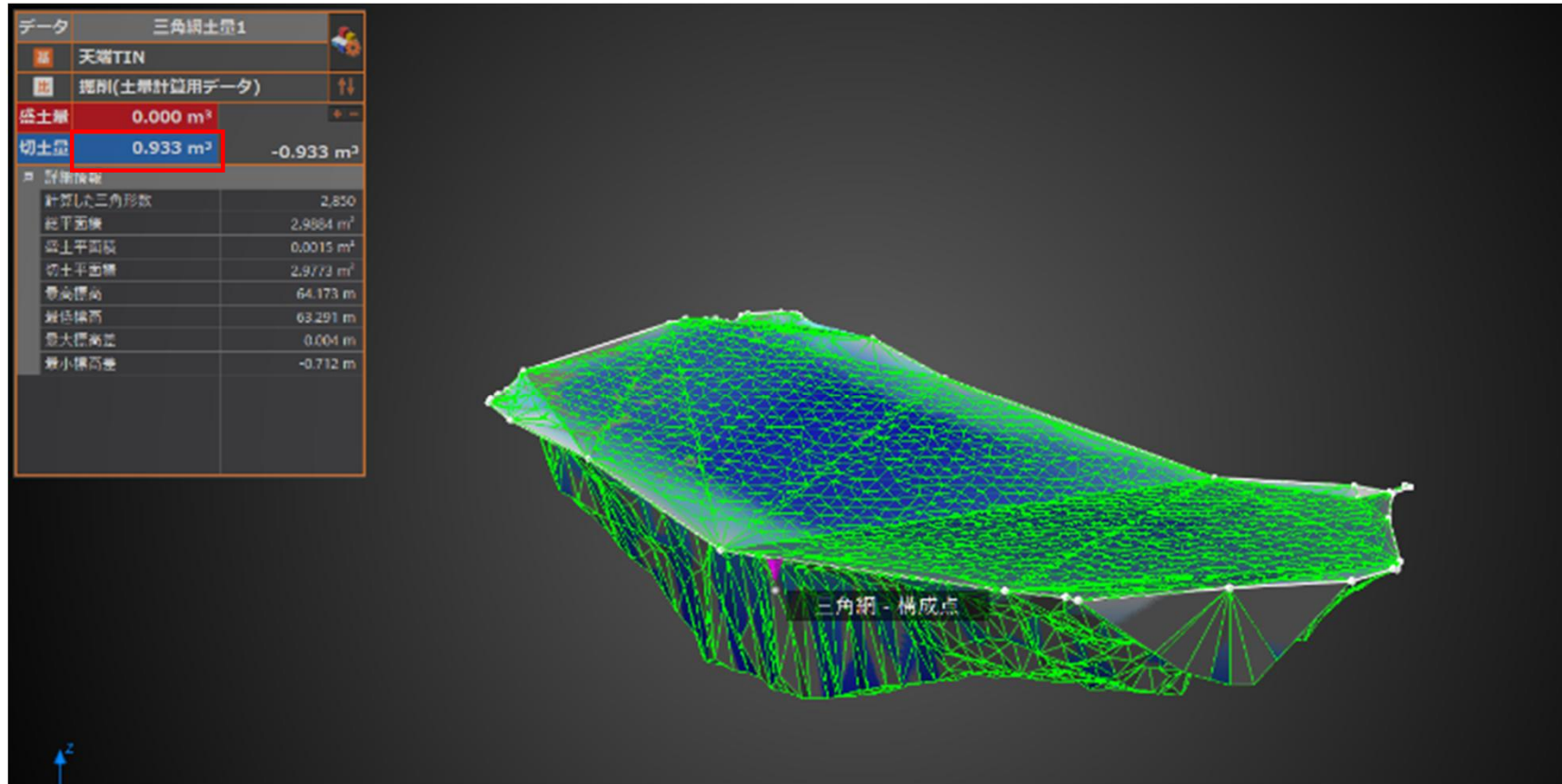
| 測点   | 切土    |         |         |        | 摘要 |
|------|-------|---------|---------|--------|----|
|      | 距離(m) | 断面積(m2) | 平均値(m2) | 立積(m3) |    |
| No.0 |       | 3.00    |         |        |    |
| No.1 | 1.00  | 2.10    | 2.55    | 2.6    |    |
| No.2 | 1.00  | 4.50    | 3.30    | 3.3    |    |
| No.3 | 1.00  | 5.50    | 5.00    | 5.0    |    |
| No.4 | 1.00  | 2.10    | 3.80    | 3.8    |    |
|      |       |         |         |        |    |
| 合計   | 4.0   |         |         | 14.7   |    |

平均断面法による体積計算表

※この例は体積計算です。面積計算もCADで計測した寸法を活用して算出可能

## 6.3 次元CADを用いた土量計算

取得点群から3次元CADの面積・体積計算機能を用いて計測する事ができる。



取得した3次元CADデータ

取得した点群データから直接3次元数量を算出しても良い

※この例は体積計算です。面積計算もCADの機能を活用して算出可能