

H30年度 中国地方建設技術開発交流会

ICT舗装工の取組み事例と TLSを用いた出来形管理について

奥村組土木興業株式会社
前田 幸孝



発表内容

1. ICT舗装工
2. TLSを用いた出来形管理
3. 出来形管理方法の事前検証
4. 「ICT舗装工」対象工事での出来形測定事例

1. ICT鋪裝工

i-Constructionの3本柱

- ✓ 「ICTの全面的な活用」
- ✓ 「規格の標準化」
- ✓ 「施工時期の平準化」

ICTの全面的な活用

- ✓ 「ICT土工」(平成28年度)



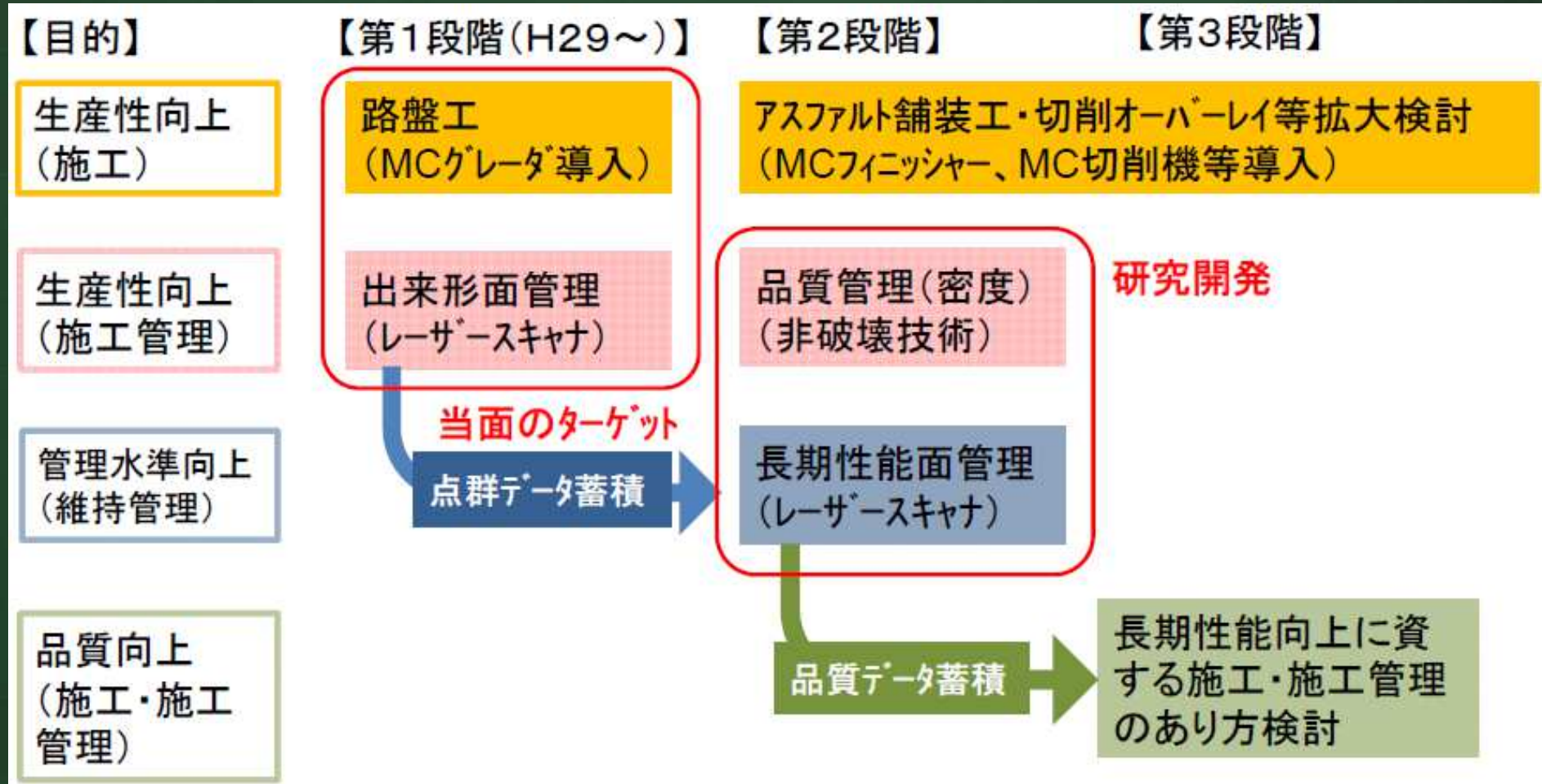
- ✓ 「ICT舗装工」(平成29年度)

ICT舗装工の10基準

国土交通省資料

名称		改訂/ 新設	本文参照先・概要
施工	ICTの全面的な活用の実施方針	改訂	http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html ・ICT舗装工の定義やインセンティブ措置等
	土木工事数量算出要領(案)	改訂	http://www.nilim.go.jp/lab/pbg/theme/theme2/sr/yoryo2904.htm ・3次元起工測量結果から、路盤工の平均厚さ区分の「平均厚さ」算出方法を記載
	土木工事施工管理基準(案) (出来形管理基準及び規格値)	改訂	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou.html ・路盤～表層に面管理を導入し、全数管理に応じた規格値の設定 ・厚さの管理項目を「目標高さ」管理への代替を可能とする。 ・個々の計測値に対する規格値を面計測による計測密度(多点観測)をふまえて改訂
	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)	新設	http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html ・ICT舗装工の面管理に必要な計測精度となるような精度確認ルール等を策定
	TSを用いた出来形管理要領(舗装工事編)	改訂	http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html ・新設舗装において厚さを管理可能とする改訂
	写真管理基準(案)	改訂	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou.html ・新たに追加した出来形管理要領名称(地上型レーザースキャナー(舗装工事)、TS(舗装工事))の追記
検査	地方整備局土木工事検査技術基準(案)	改訂	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou.html ・面管理に伴う検査密度の規定の変更 (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)にふまえた修正)
	既済部分検査技術基準(案)及び同解説	改訂	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou.html ・面管理に伴う検査密度の規定の変更(地方整備局土木工事検査技術基準(案)に準じた変更)
	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)	新設	http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html ・ 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) に合わせて策定
	TSを用いた出来形管理の監督・検査要領(舗装工事編)	改訂	http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html ・ TSを用いた出来形管理要領(舗装工事編) をふまえた修正
積算基準	ICT活用工事(舗装工)積算要領	新設	http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html ・施工パッケージ化対応

ICT舗装工の目的・対象

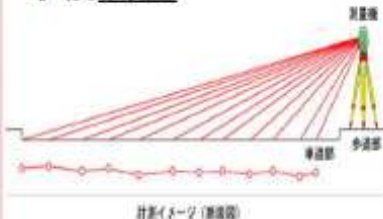


国土交通省資料

起工測量～完成検査

国土交通省資料

①レーザースキャナ等で事前測量



レーザースキャナ等により、短時間で面的(高密度)な3次元測量を実施

②ICT土工の3次元測量データによる設計・施工計画



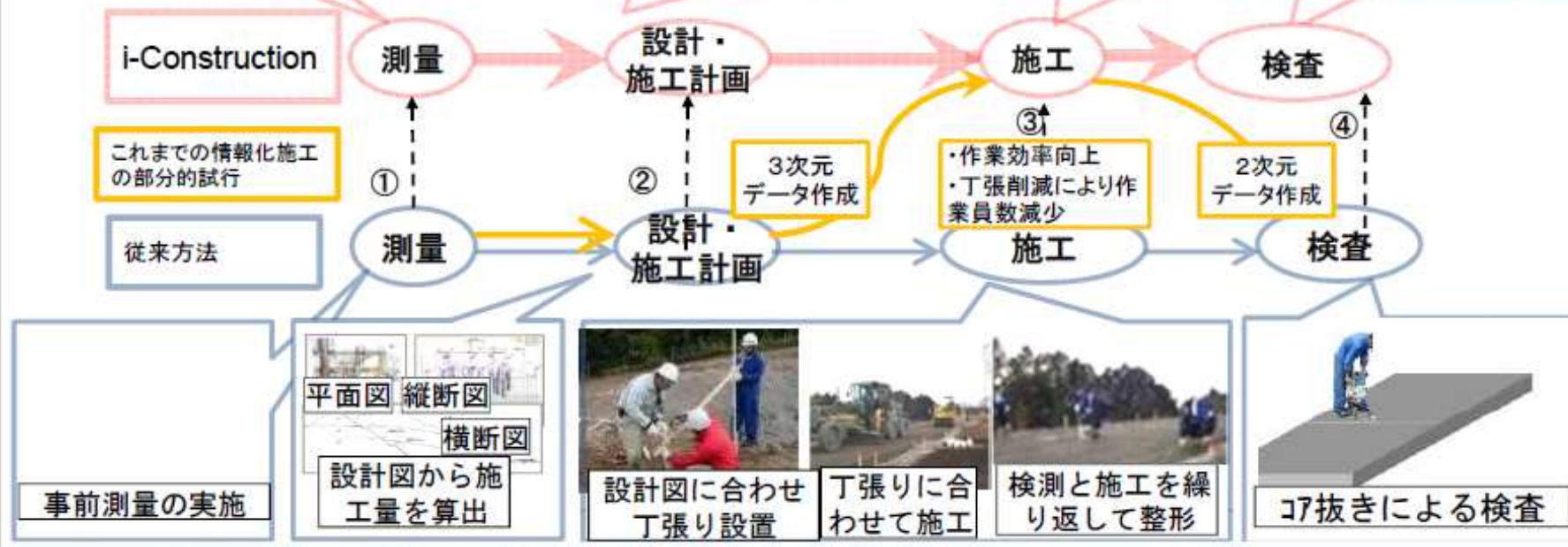
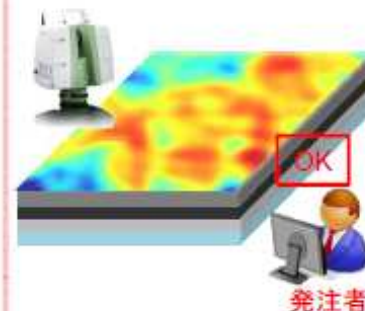
③ICTグレーダ等による施工

3次元設計データ等により、ICT建設機械を自動制御



④検査の省力化

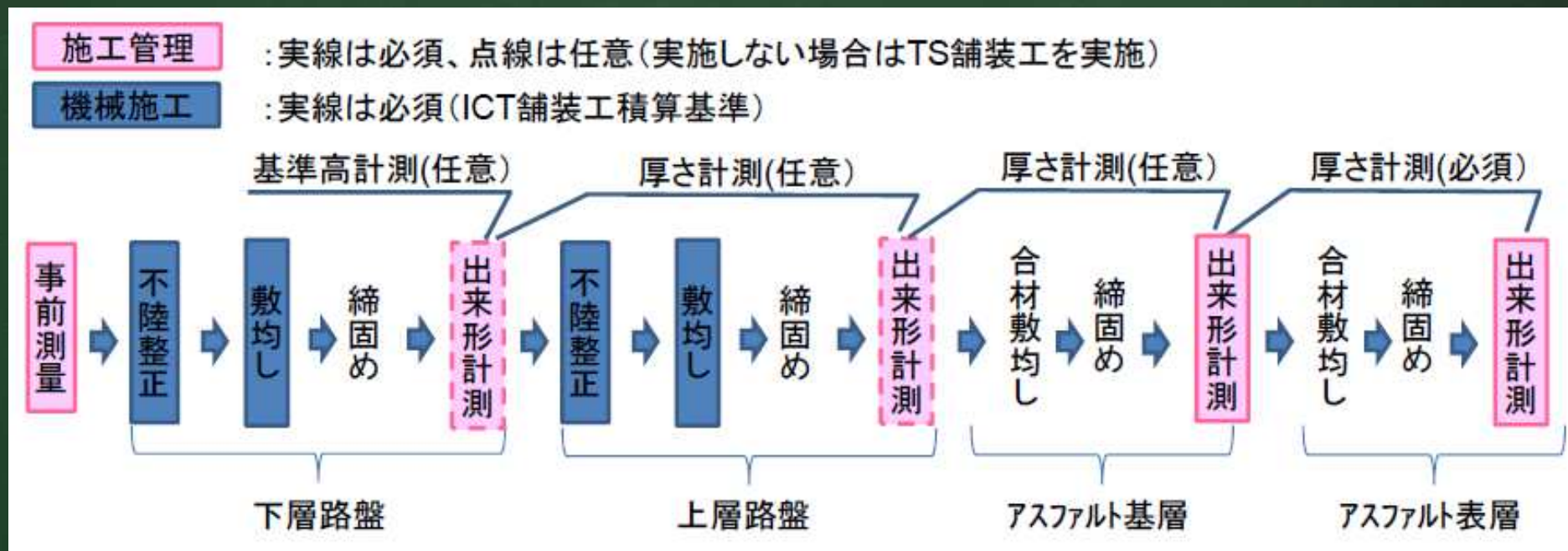
レーザースキャナ等の計測結果活用した検査等により、出来形の書類が半減



ICT舗装工で必須となる項目

- ①3次元起工測量
- ②3次元設計データの作成
- ③ICT建設機械による施工(路盤工)
 - ✓ 3D-MC モータグレーダ
 - ✓ 3D-MC ブルドーザ
- ④3次元出来形管理
 - ✓ レーザスキャナ(TLS)
 - ✓ トータルステーション(TS)
- ⑤3次元データの納品

ICT舗装工の対象となる作業



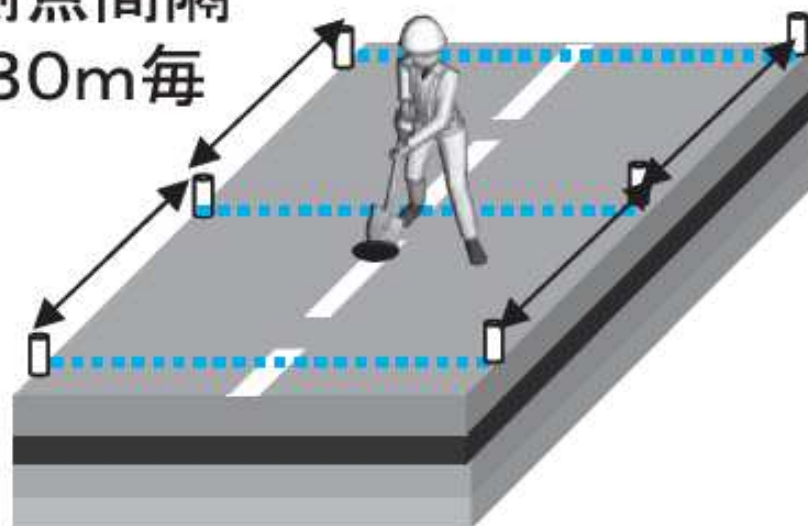
国土交通省資料

2. TLSを用いた出来形管理

抽出管理から全数管理へ

従来手法

測点間隔
80m毎



既存の出来形管理基準では、代表管理断面において幅、コア採取で厚さを測定

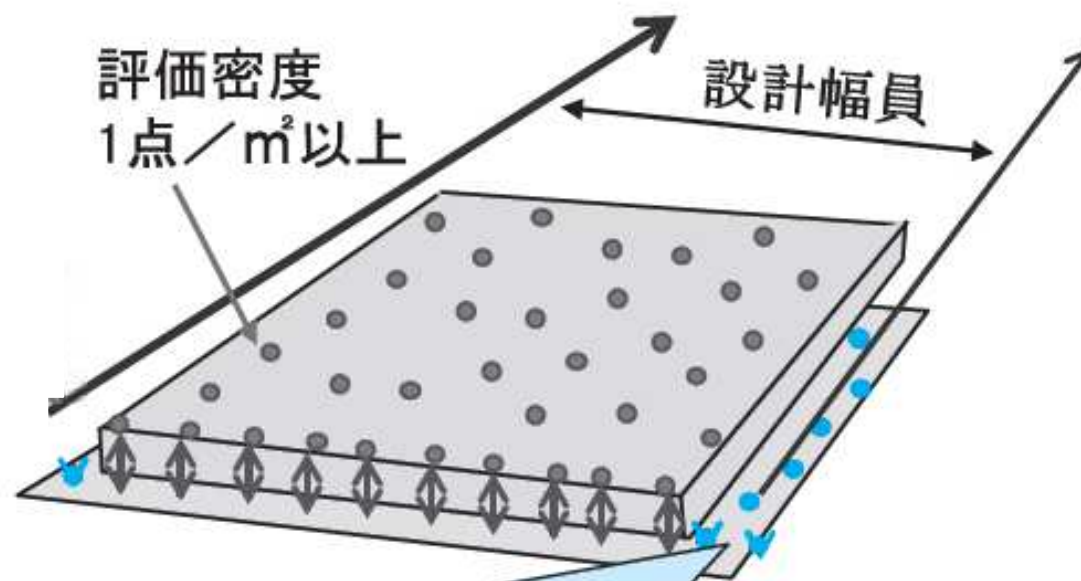
測定基準：幅は施工延長80m毎、厚さは1000m²毎
管理項目：幅、厚さ（平均値、個々の測定値）

国土交通省資料

抽出管理から全数管理へ

国土交通省資料

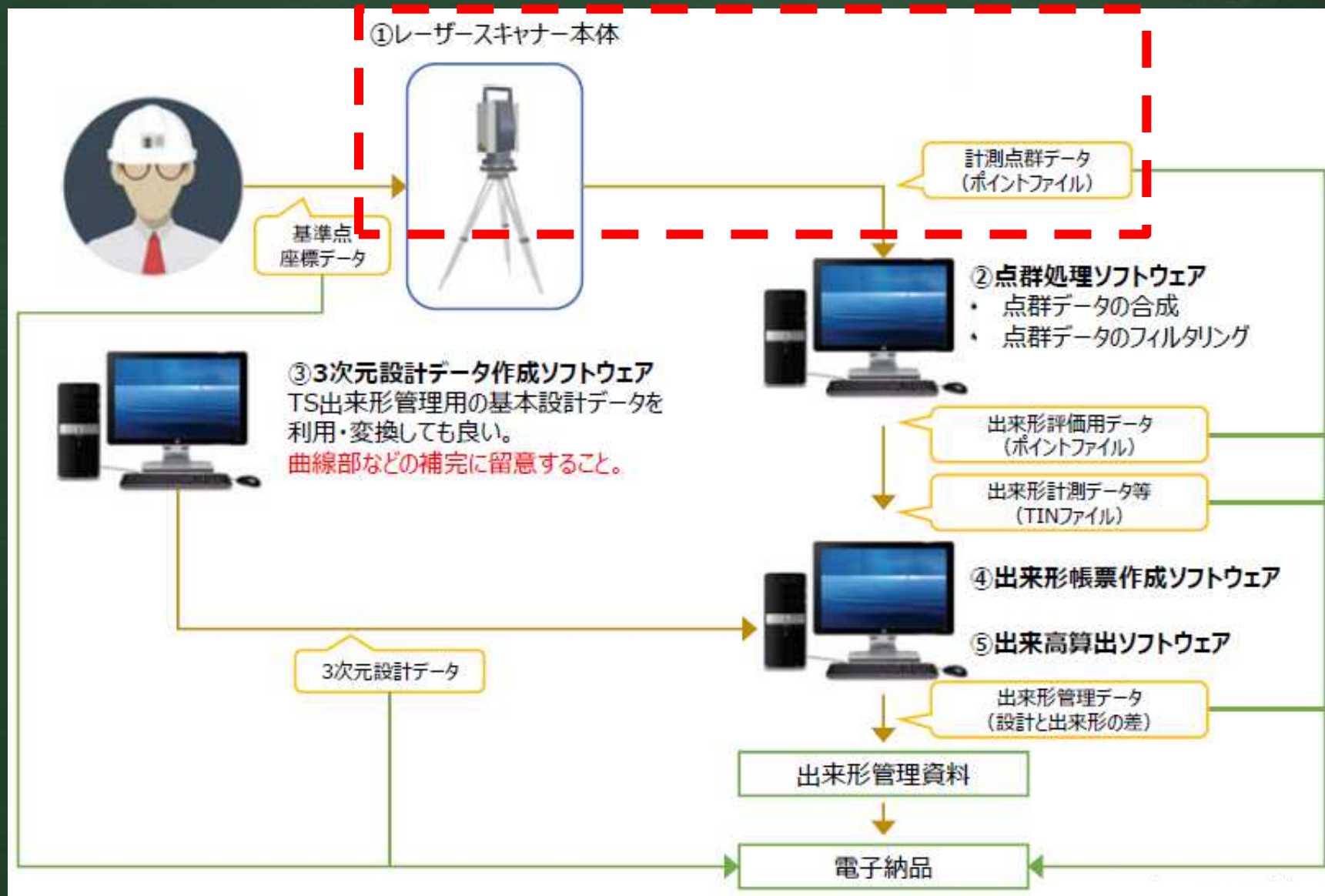
面管理



厚さの規格値は設計厚さに対して十分小さいので、設計幅に対する不足は必ず厚さ不足として現れる。

測定基準：測定密度は1点/m²以上、幅の評価は省略
評価は平均値と全測点の設計面との標高較差
管理項目：厚さまたは標高較差（平均値、個々の測定値）

TLS出来形管理の流れ



地上型レーザスキャナ(TLS)



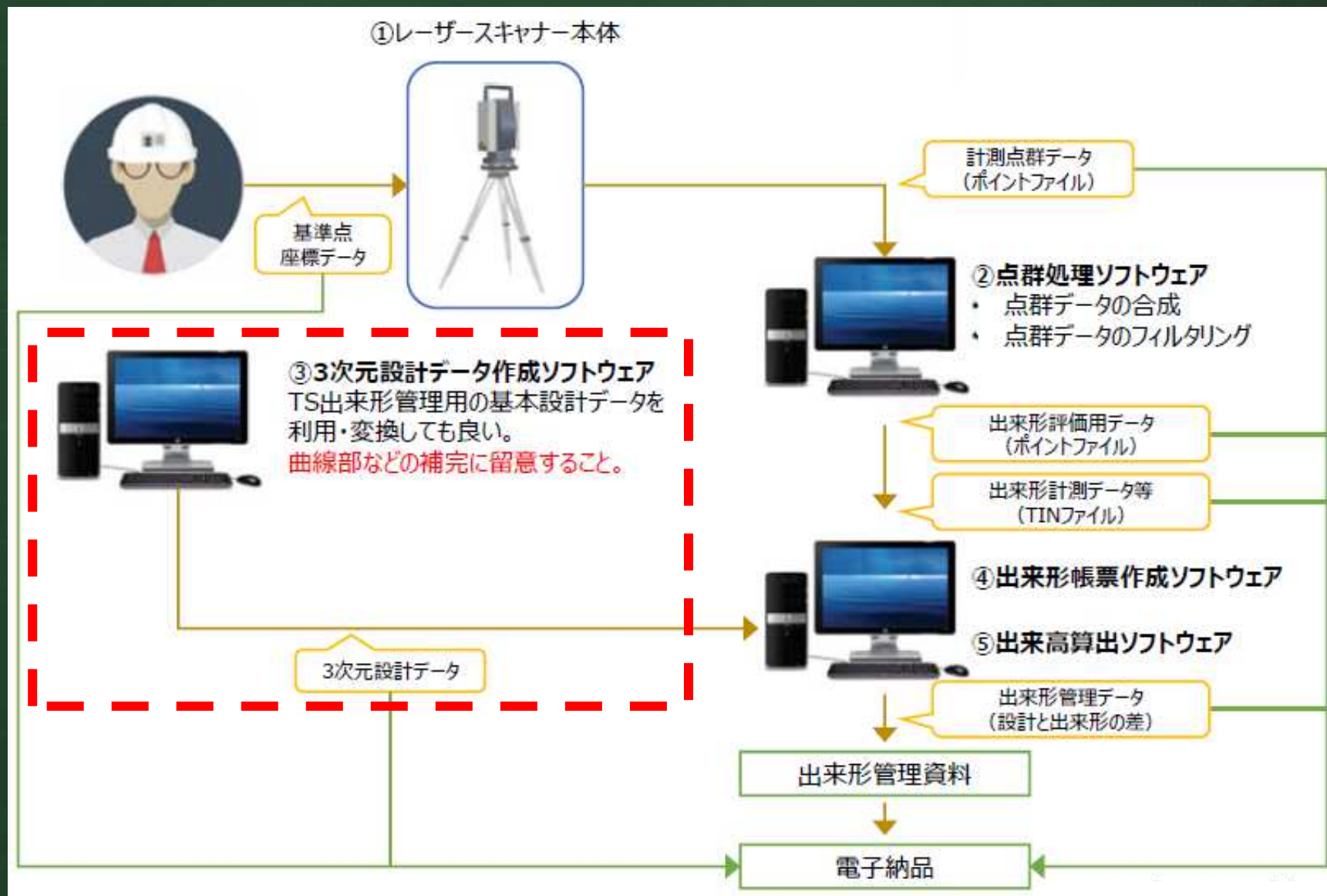
地上型レーザーキャナ(TLS)

TLS(Terrestrial Laser Scanner)

レーザーによって計測対象物の表面形状を面的に計測し、**3次元座標データ(点群データ)**を**取得**する測量機器。

TSのようにターゲットを視準して計測を行わないため、特定の変化点や位置を選択して計測することが難しい。

TLS出来形管理の流れ



3次元設計データの作成

朝山大田道路 波根地区舗装工事.tsx - SITECH 3D

座標管理 平面 縦断 横断

横断 表層 測点 NO.203+20.000 計画 計画層 現況 構築形状 自動抽出 計画追尾 現況追尾 文字 SIMA SIMA ベース図 形状編集 形状複写 形状作図 横断構成点 照査 TS出来形設定 i-Construction ツール

路線情報
 平面線形 体線 縦断線形 本線
 測点名 NO.203+20.000
 追加距離 20320.000 計画高(FH) 41.250 現況高(GH)
 離れ(CL±) -5.000 比高(FH±) -0.160 計算後 41.190 編集

計画断面 現況断面
 左側

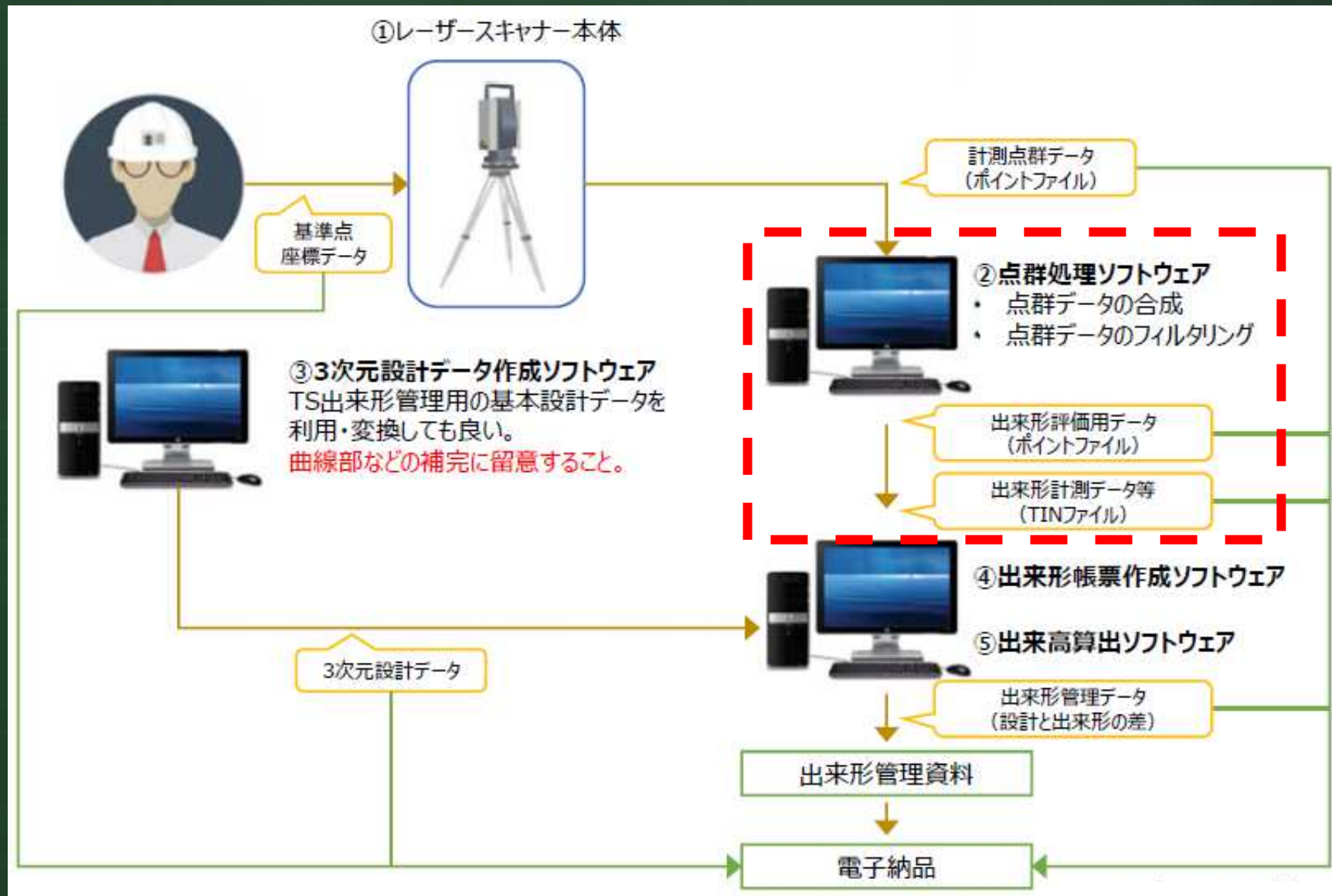
No	水平長	斜長	勾配(%)	勾配(1:x)	比高	計画高	種別
1	4.000		-4.000			41.030	車道
2	1.450		-4.000			40.875	路肩

NO.203+20.000
 計画層
 排水性舗装工(表層工(中規模以上))
 CL
 離れ: -5.000
 比高: -0.160

3D
 NO.205+40.000
 NO.199+

KE5-1 KE4-2 KE4-2
 KE5-2
 KA5-2

TLS出来形管理の流れ

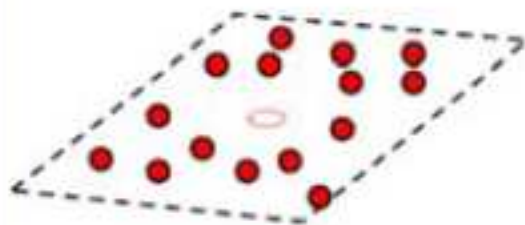


グリッドデータ作成方法

出来形評価用データとして、計測対象面について、**1m²以内のグリッド(格子)**を設定し、**グリッド毎のデータ(代表値)**を計算する。

グリッド内の標高の平均値

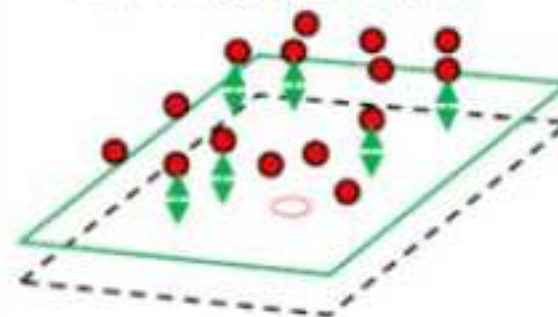
1m²以内のグリッドに含まれるポイントすべての標高の平均値



- 計測点群データ
- 出来形評価用データ

設計面との差の最頻値の標高

1m²以内のグリッドに含まれるポイントと設計面との差の最頻値の標高



- ◇ 3次元設計データ

出来形評価方法(厚さ)

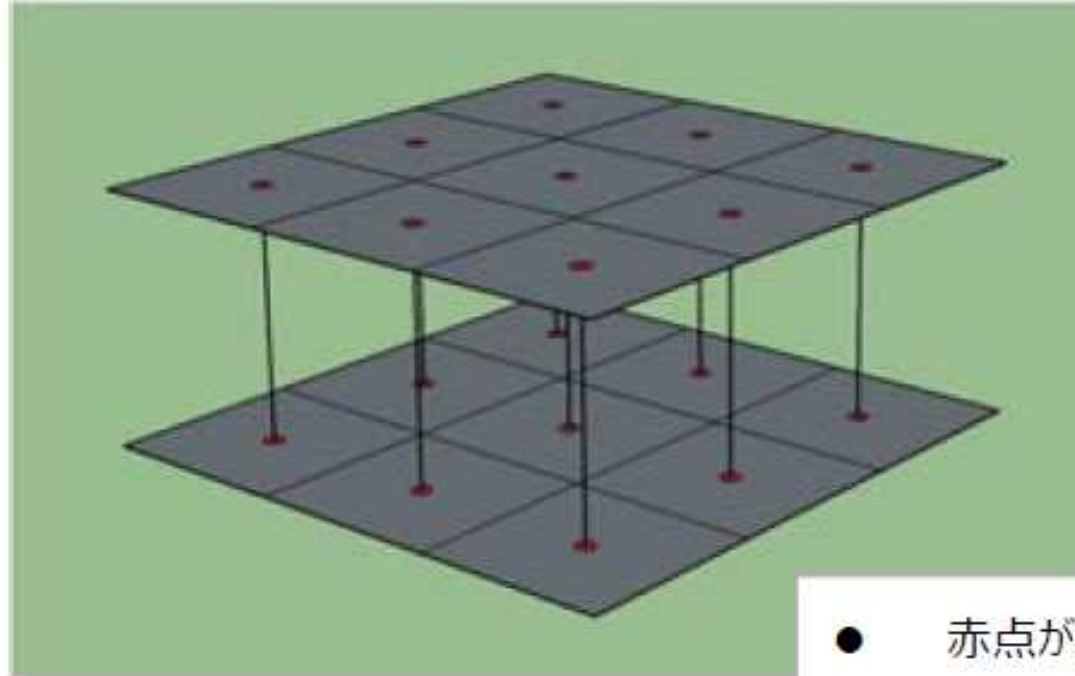
①厚さによる管理

グリッドデータ化した上下層の標高差を計算

②標高較差による管理

下層の施工誤差を考慮した目標高さ
と上層のグリッドデータの差を計算

厚さによる管理



- 赤点が出来形評価用データの位置・標高
- 下層の計測高さと同層の計測高さの差が厚さとなる
- 算出した厚さと設計厚との差が規格値内かどうかを管理する

出来形評価方法(厚さ)

①厚さによる管理

グリッドデータ化した上下層の標高差を計算

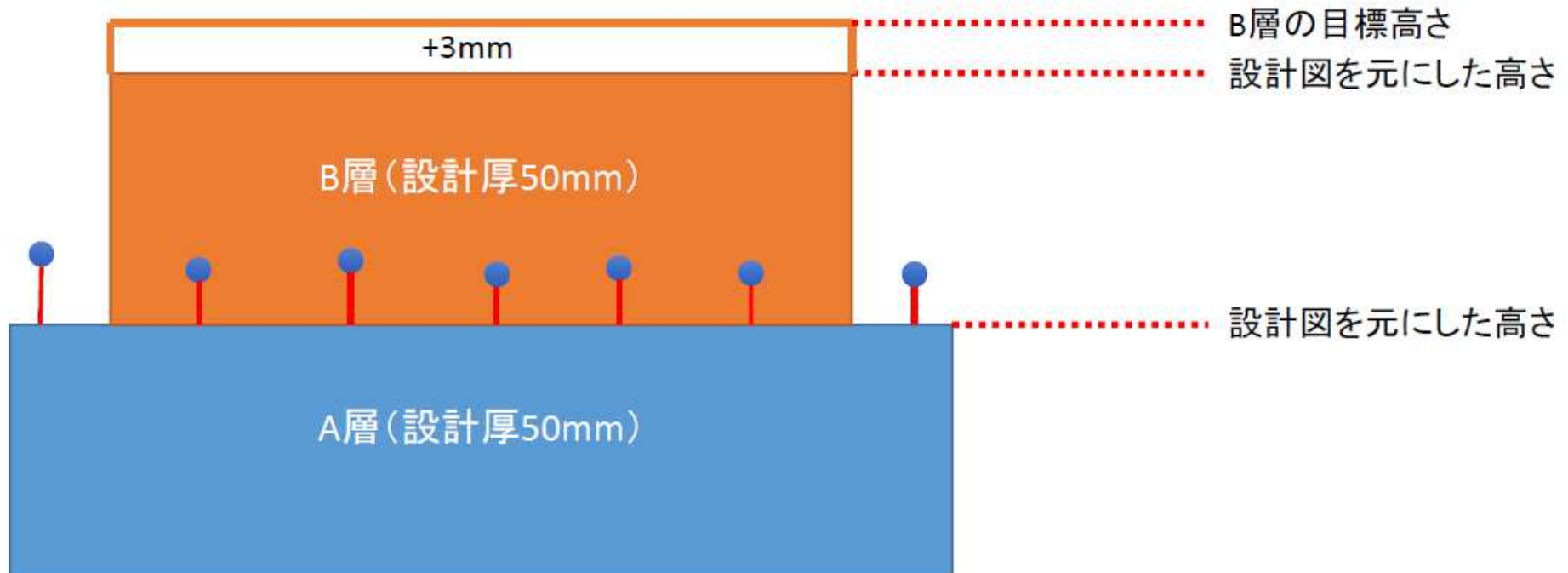
②標高較差による管理

下層の施工誤差を考慮した目標高さ
と上層のグリッドデータの差を計算

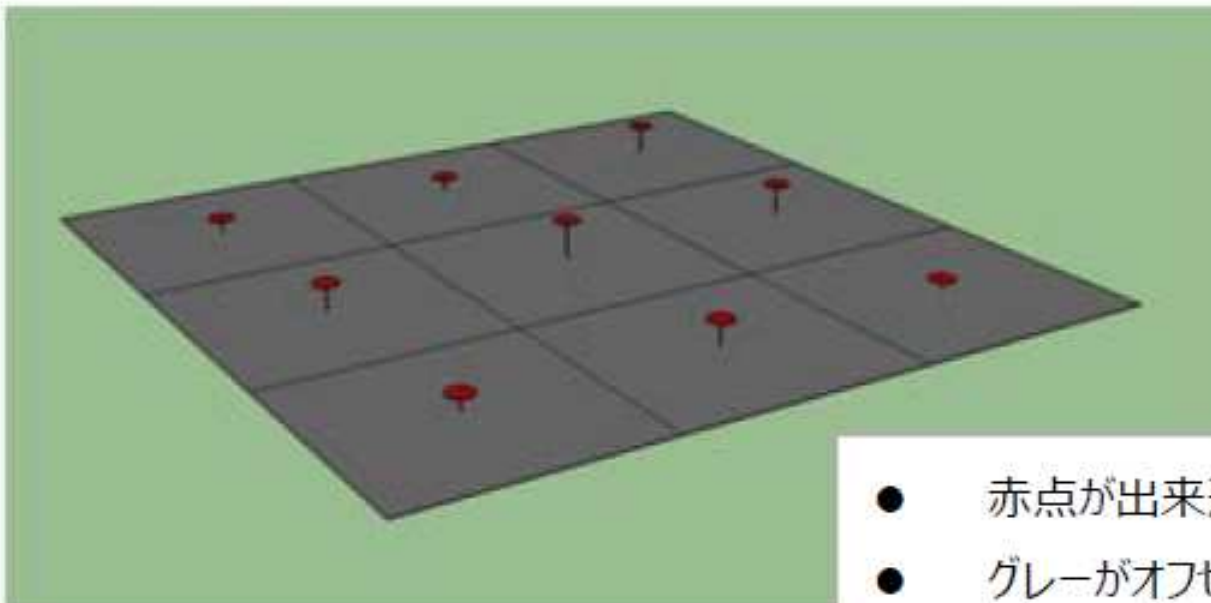
目標高さの設定(標高較差管理)

A層を標高較差で出来形評価した結果、差の全平均値が+3mmだった場合

B層の目標高さ = A層の高さ面 + A層の較差3mm + B層の設計厚

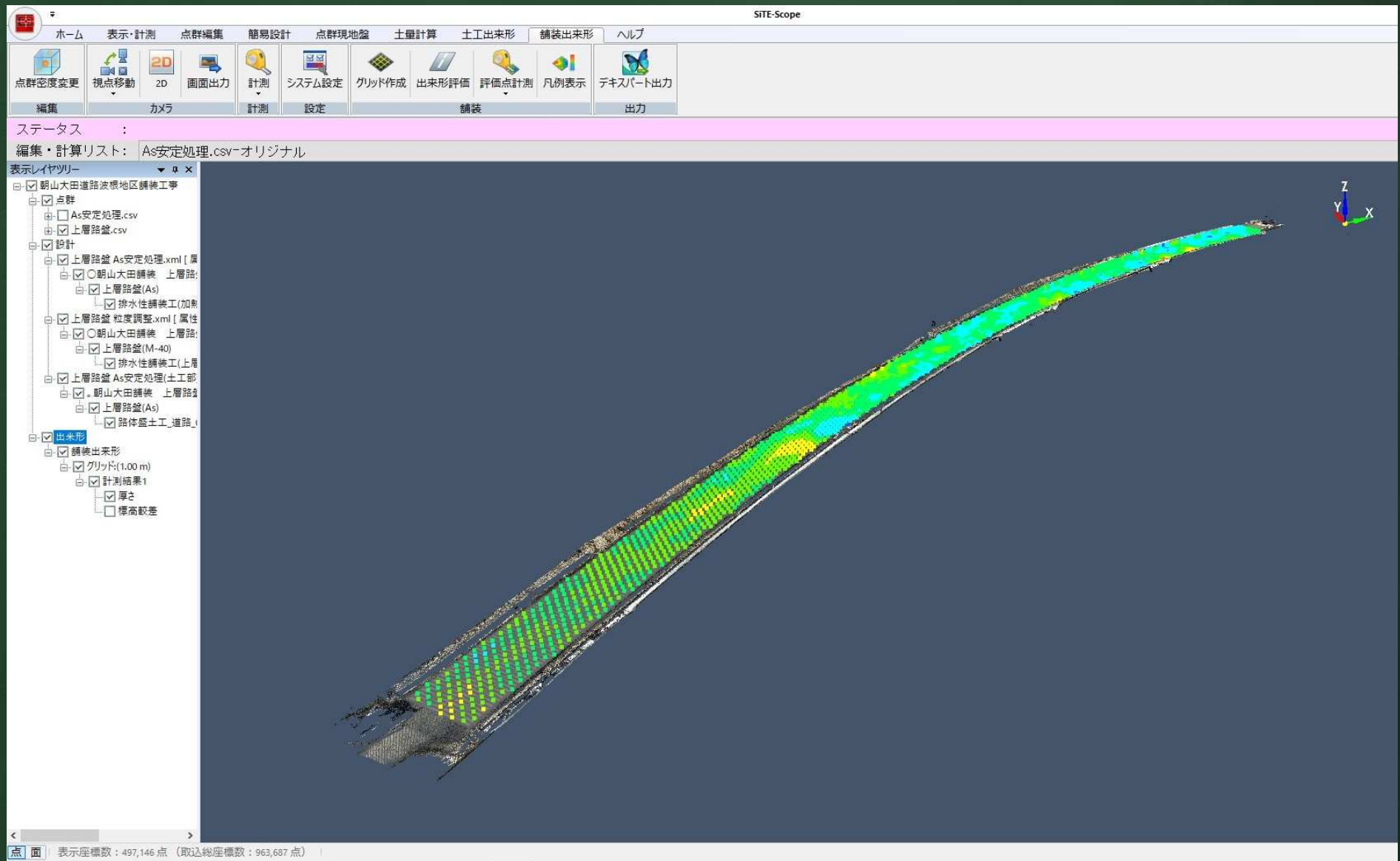


標高較差による管理

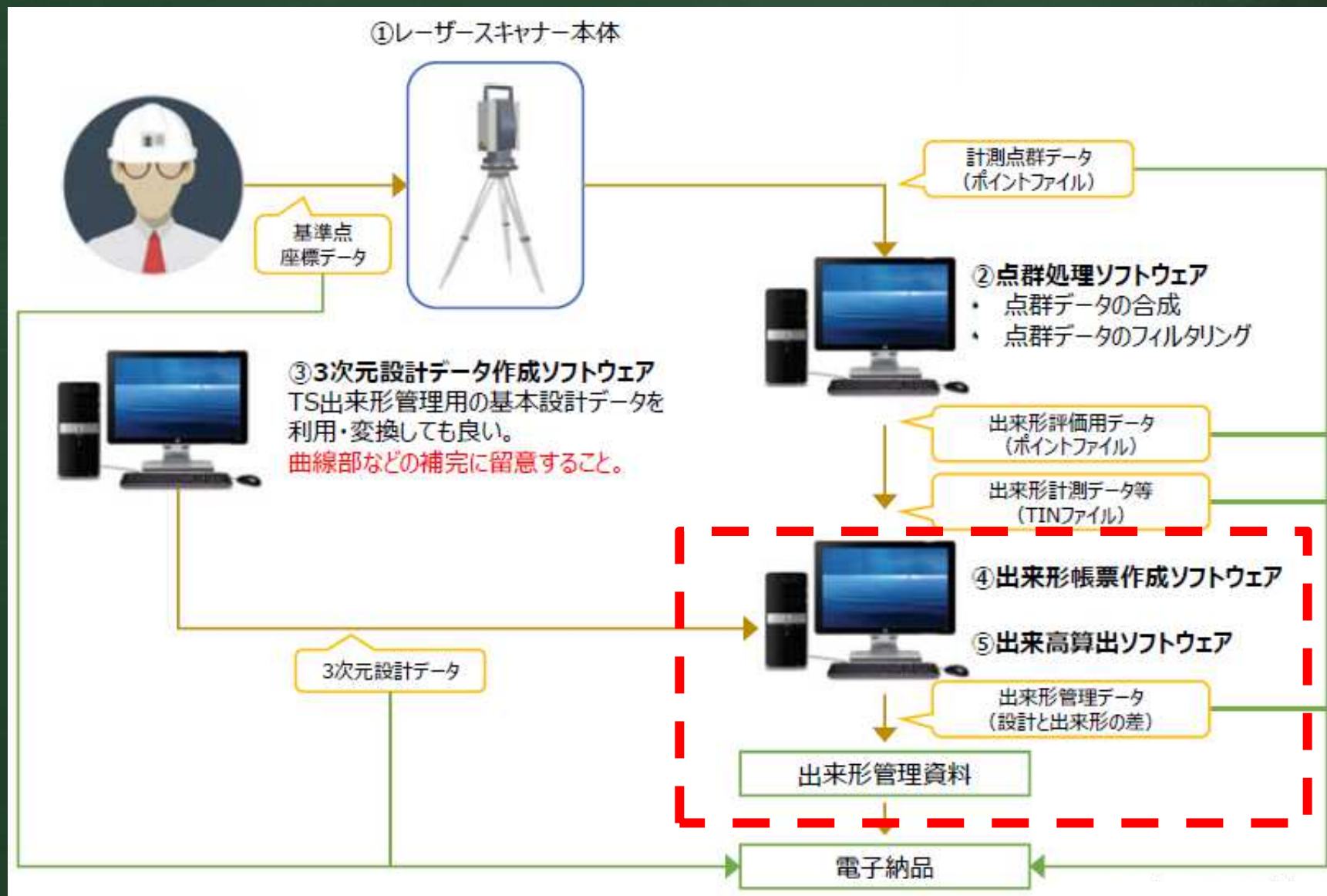


- 赤点が出来形評価用データの位置・標高
- グレーがオフセットした対象層の目標高さの設計データ
- 出来形評価用データと目標高さの設計データの標高較差を計算
- 算出した標高較差が規格値内かどうかを管理する

出来形評価データ処理(厚さ管理)



TLS出来形管理の流れ



出来形管理基準・規格値(面管理)

工種	測定項目	個々の測定値		全点測定値の平均	
		中規模	小規模	中規模	小規模
下層路盤	基準高	±90mm	±90mm	+40mm -15mm	+50mm -15mm
	厚さ・ 標高較差	±90mm	±90mm	+40mm -15mm	+50mm -15mm
上層路盤 (粒度調整)	厚さ・ 標高較差	-54mm	-63mm	-8mm	-10mm
上層路盤 (As安定)	厚さ・ 標高較差	-36mm	-45mm	-5mm	-7mm
基層	厚さ・ 標高較差	-20mm	-25mm	-3mm	-4mm
表層	厚さ・ 標高較差	-17mm	-20mm	-2mm	-3mm

出来形管理資料(ソフトで自動作成)

測定項目		規格値	判定	社内規格値	判定	測点
基準高	平均値	12mm	-15~+50			
	最大値	53mm	±90			
	最小値	-36mm	±90			
	データ数	3103	1点/m2以上 (3101点以上)			
	評価面積	3101㎡				
	棄却点数	0	0.3%未満 (9点以下)			
厚さ	平均値	8mm	-15~+50			
	最大値	90mm	±90			
	最小値	-84mm	±90			
	データ数	3103	1点/m2以上 (3101点以上)			
	評価面積	3101㎡				
	棄却点数	4	0.3%未満 (9点以下)			

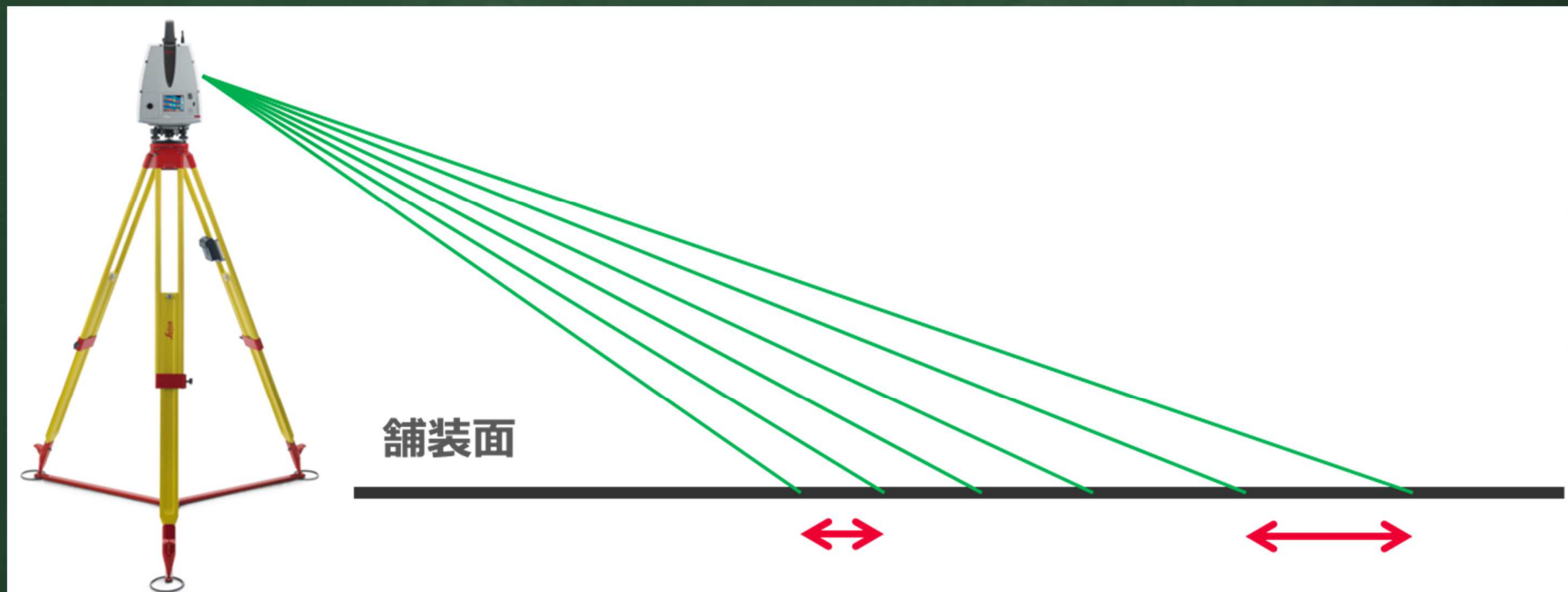
	規格値以内のデータ数 (割合)	
	±80%以内	±50%以内
基準高のばらつき	3103 (100.0%)	3086 (99.4%)
厚さのばらつき	3078 (99.3%)	2920 (94.2%)

※ヒートマップは棄却点を含む全データを表示

3. 実用性の事前検証

測定上の課題

- ✓ 黒色・光沢物の測定
(レーザが反射し難い)
- ✓ 水平面の測定
(遠くになるほどデータの密度が疎になる)



TLSに要求される性能

点群密度	起工測量	0.25m ² (50cm×50cm) あたり1点以上
	出来形計測	0.01m ² (10cm×10cm) あたり1点以上
鉛直精度	起工測量	±20mm以内
	下層路盤 上層路盤	±10mm以内
	基層 表層	±4mm以内
平面精度	全層	±20mm以内

高性能TLSの使用

✓ ScanStation P40

(ライカジオシステムズ)



スキャンスピード	最大 1,000,000点 / 秒
距離精度	1.2mm + 10ppm
座標精度	3mm @ 50m ; 6mm @ 100m
ターゲット測定精度	2mm (50mまでの標準偏差)
測定範囲	最大 270m
スキャン密度	最少 0.8mm @ 10m (16.5")
スキャン範囲	水平 : 360° / 鉛直 : 290°

検証目的

- ✓ 規格値(測定精度、点群密度)を満足する条件で、どの程度の距離まで測定できるか。

検証試験(当社施工現場で自主的に試行)

①初回試験

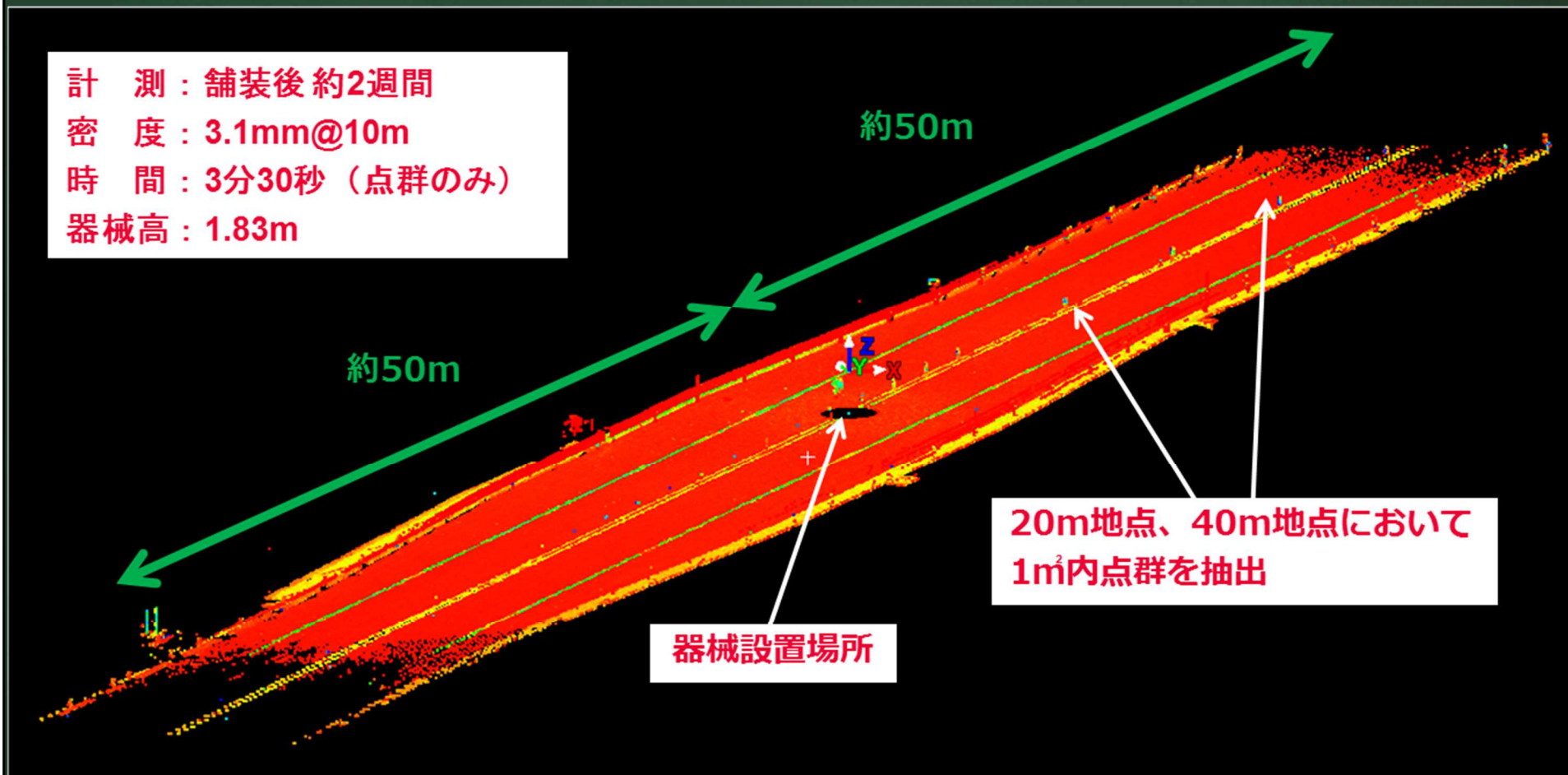
近畿地方整備局発注 国道舗装工事

②最適化試験

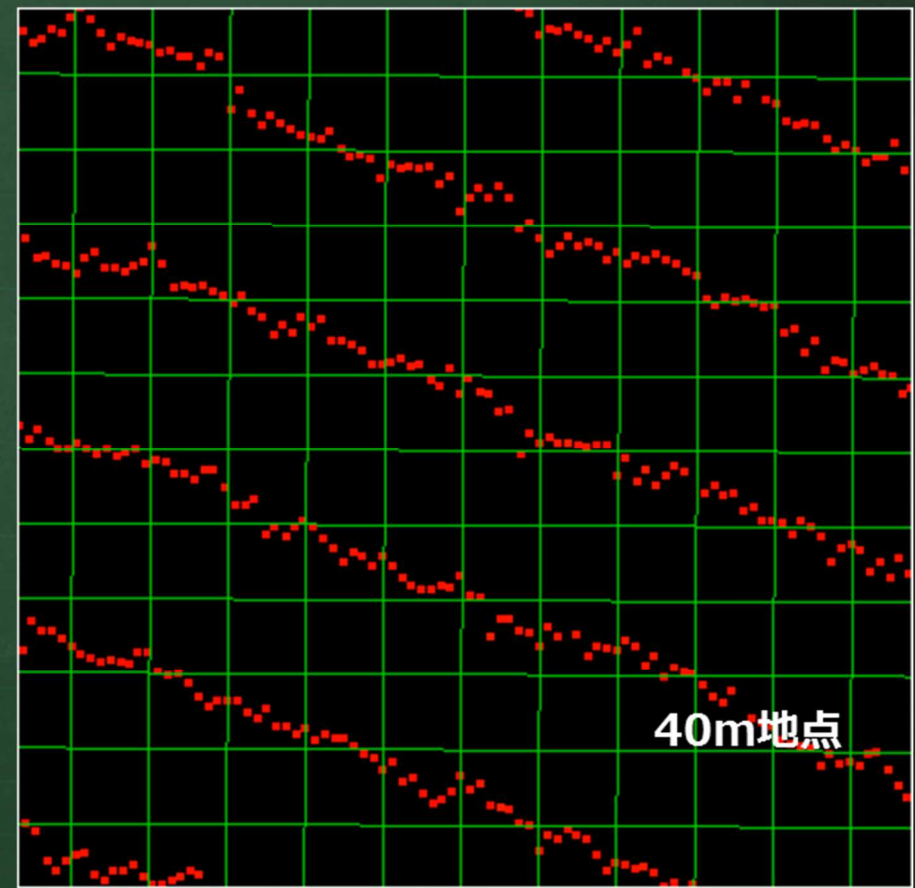
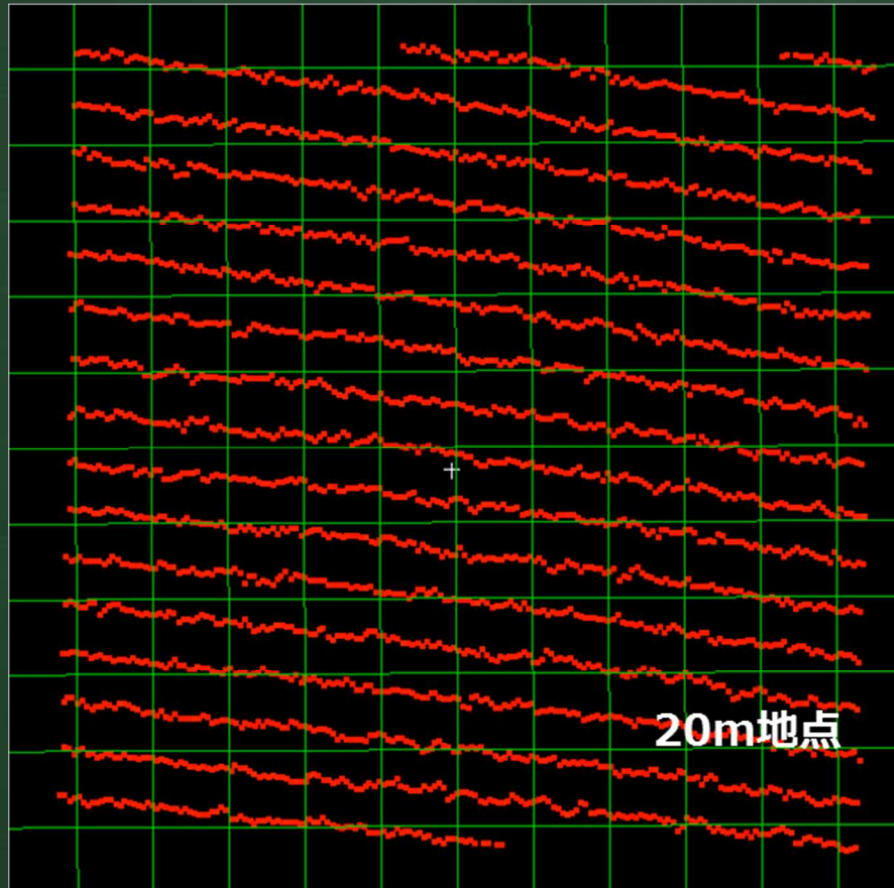
NEXCO西日本発注 高速道路舗装工事

点群密度の確認(初回試験)

計測：舗装後約2週間
密度：3.1mm@10m
時間：3分30秒（点群のみ）
器械高：1.83m



点群密度の確認結果(初回試験)



※グリッド線は10cm×10cm

スキャン設定の最適化

✓ 測定距離40mを目標に設定を最適化

12:22:33
スキャン

170404: Station-001 / SW-001

スキャン範囲 スキャン密度 写真設定 フィルター 詳細スキャン

EDMモード:

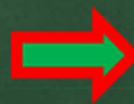
スキャン密度: 3.1mm@10m

受光感度: 標準 高

残り時間: 3分 24秒

準備完了

スタート ターゲット カメラ 測距 任意設定 ページ



12:24:08
スキャン

170404: Station-001 / SW-001

スキャン範囲 スキャン密度 写真設定 フィルター 詳細スキャン

EDMモード:

スキャン密度 Hz: m

スキャン密度 V: m

距離: m

受光感度:

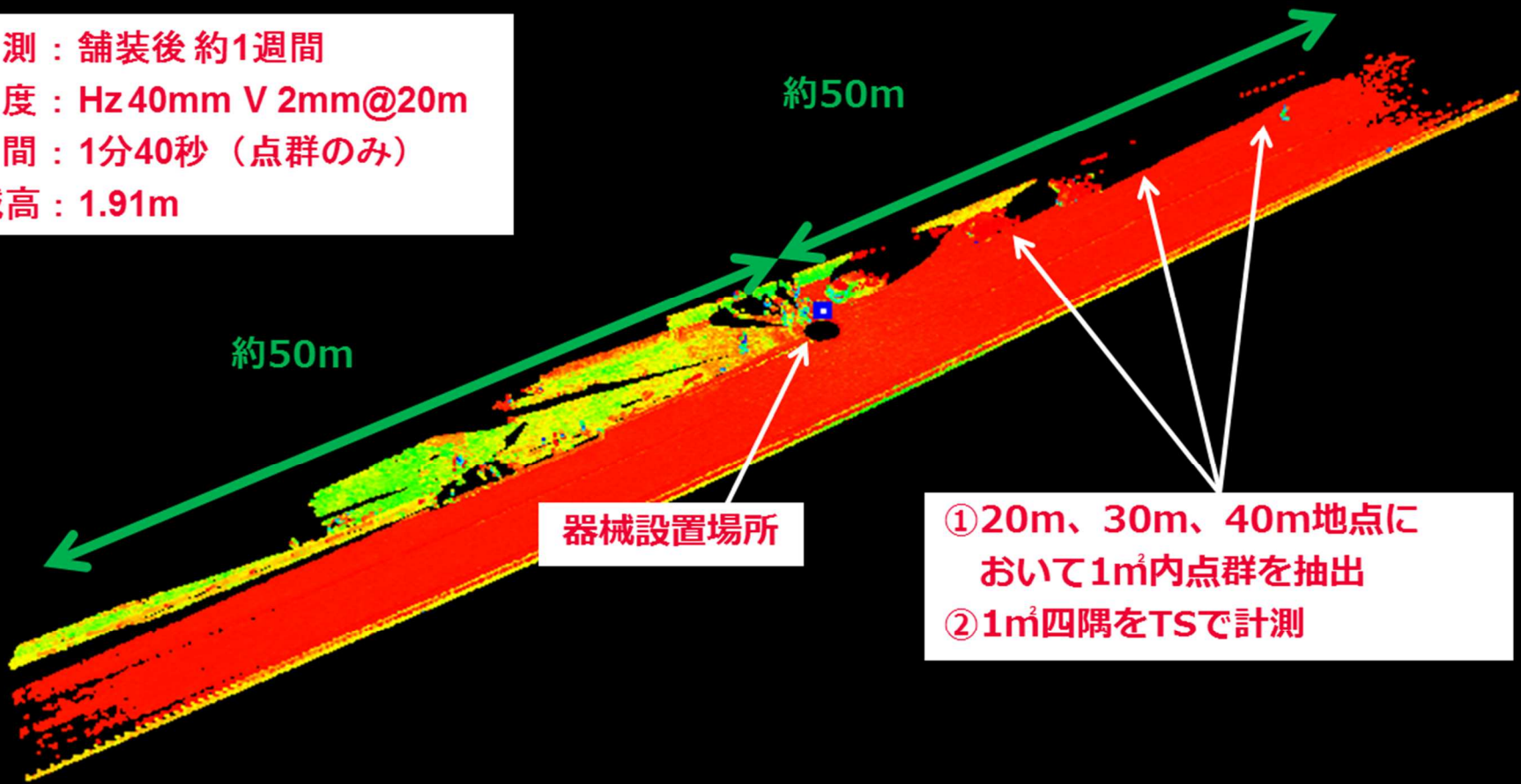
残り時間: 1分 40秒

準備完了

スタート ターゲット カメラ 測距 固定設定 ページ

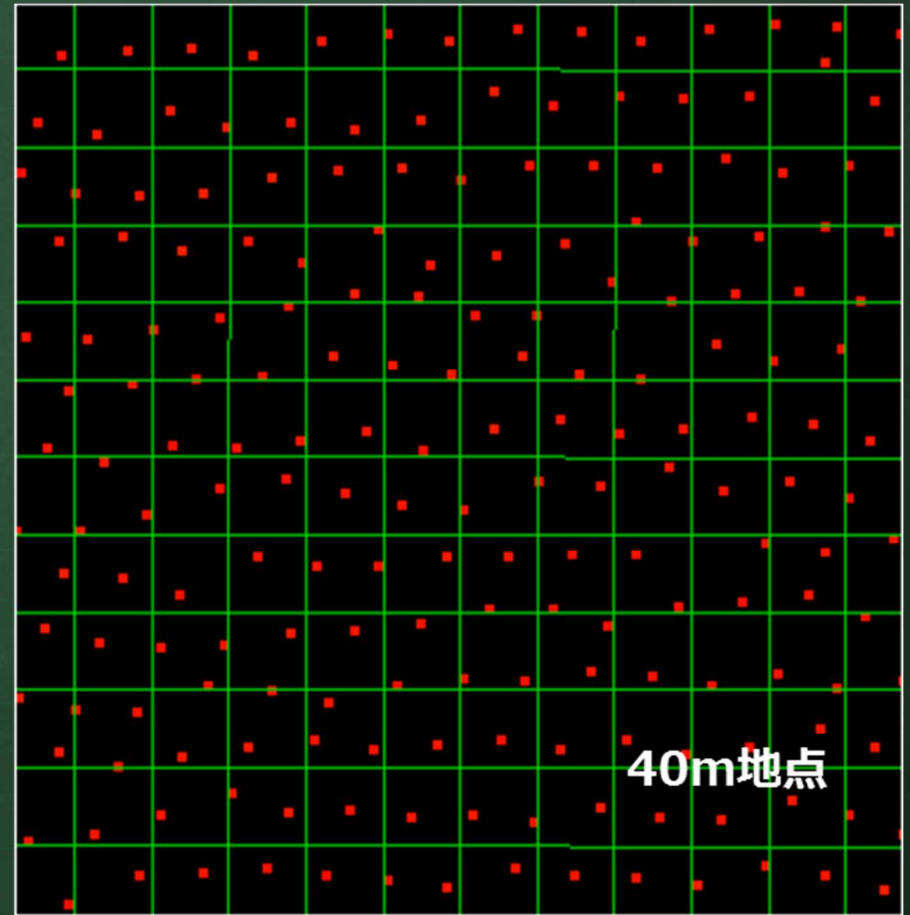
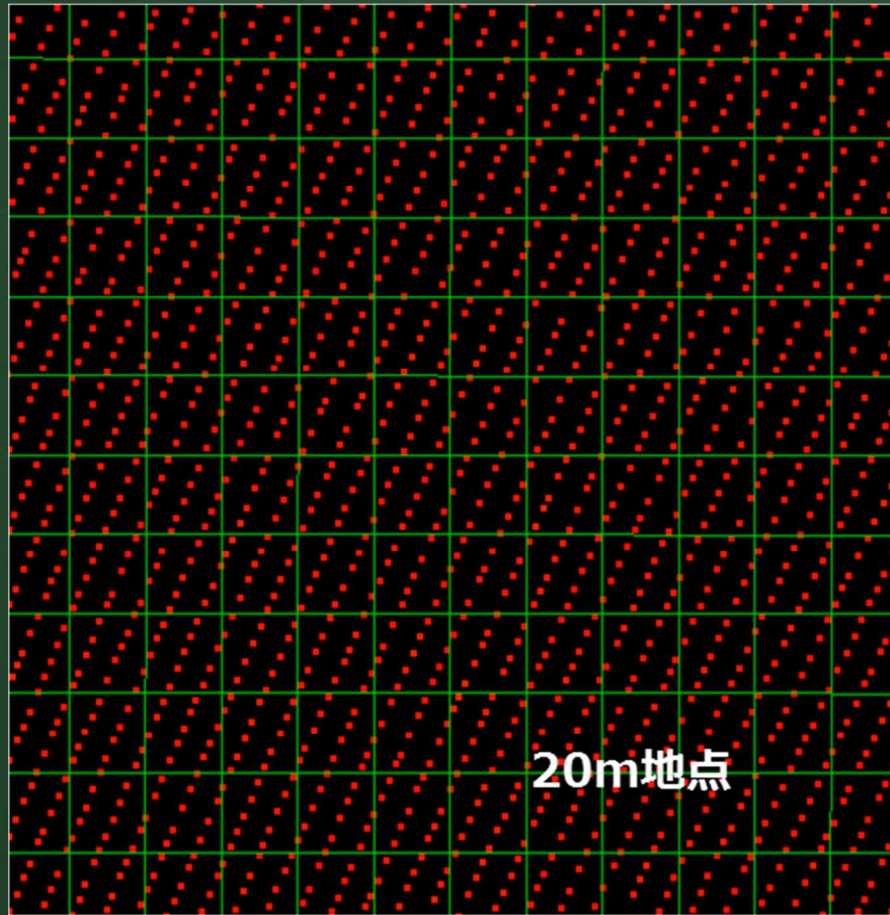
点群密度の確認(最適化試験)

計 測 : 舗装後約1週間
密 度 : Hz 40mm V 2mm@20m
時 間 : 1分40秒 (点群のみ)
器械高 : 1.91m



- ① 20m、30m、40m地点において1㎡内点群を抽出
- ② 1㎡四隅をTSで計測

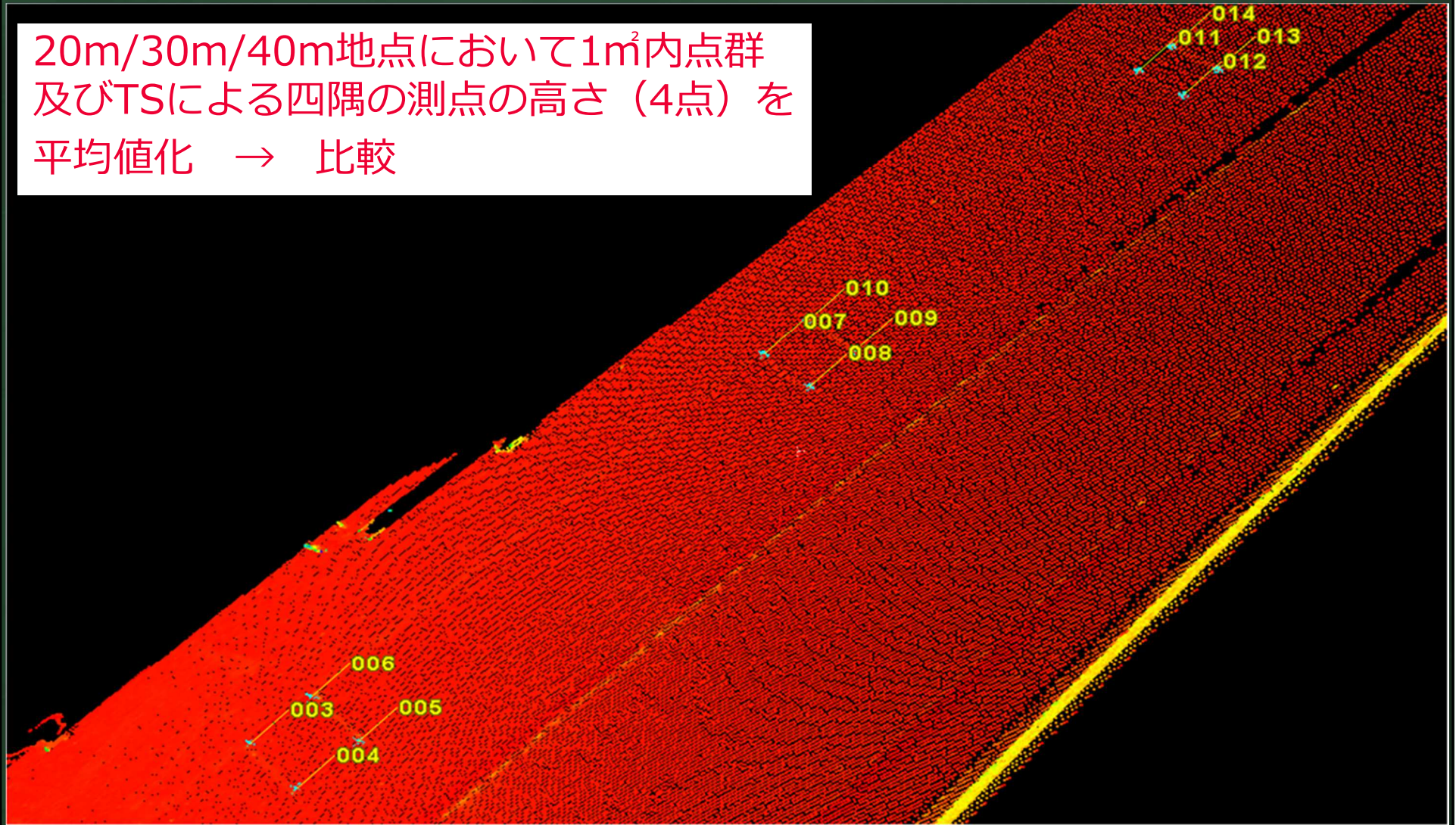
点群密度の確認結果(最適化試験)



※グリッド線は10cm×10cm

鉛直精度の確認

20m/30m/40m地点において1m²内点群
及びTSによる四隅の測点の高さ（4点）を
平均値化 → 比較



鉛直精度の確認結果

20m地点					単位 : m
測点	高さ	TS/平均	LS/平均	差	
003	8.1914				
004	8.1871				
005	8.1803				
006	8.1863	8.1863	8.1887	0.0025	

30m地点				
測点	高さ	TS/平均	LS/平均	差
007	8.1331			
008	8.1197			
009	8.1148			
010	8.1272	8.1237	8.1267	0.0030

40m地点				
測点	高さ	TS/平均	LS/平均	差
011	8.0698			
012	8.0513			
013	8.0430			
014	8.0631	8.0568	8.0605	0.0037

4. 「ICT舗装工」対象工事での 出来形測定結果

「TLS出来形管理」の実施工事

①朝山大田道路 波根地区舗装工事

(2017年3月30日~12月28日)

✓ 下層路盤から表層までの全層をTLSで測定

[測定面：路床、下層路盤、上層路盤(粒調、As 安)、
基層、表層]

②朝山大田道路 久手地区舗装工事

(2017年9月1日~2018年3月30日)

✓ 表層をTLSで測定

[測定面：路床、基層、表層]

出来形測定状況



起工測量



上層路盤（再生As安定処理）

起工測量(点群データ)



TLSの精度確認

③ 差の確認（鉛直方向の測定精度）

対象工種：基層

計測距離：40m

	地上型レーザースカナーの計測結果による高さ(Z') - 検査面の高さ(Z)	判定
計測距離20m の計測精度	$30.949\text{m} - 30.951\text{m} = -0.002\text{m}$ (2mm)	合格 (基準値4mm以内)

③ 差の確認（平面方向の測定精度）

地上型レーザースカナーの計測結果による点間距離(L') - TSによる座標間距離(L)	判定
$96.959\text{m} - 96.957\text{m} = 0.002\text{m}$ (2mm)	合格 (基準値20mm以内)

TLS出来形管理のデータ処理の流れ

①3次元データ作成

SITECH 3D

座標管理 平面 縦断 横断

平面線形 本線 縦断線形 本線

自動抽出 半自動抽出 手動抽出

TEXT 文字

H=60 標高登録 計画高確認 縦断照査 寸法照査

丸め設定 ウィンドウ システム設定 土木計算

路線情報

縦断変化点 計算結果(中間点) 計算結果(勾配/幅員)

No	測点名	追加距離	折れ点高	VCL	計画高	勾配	VCR
1	NO 198+30.000	19830.000	33.750	0.000	33.750	-4.000	
2	NO 199+80.000	19980.000	27.750	300.000	30.750	-4.000	3750.000
3	NO 201+30.000	20130.000	33.750	0.000	33.750	4.000	
4	NO 205+40.000	20540.000	50.150	0.000	50.150	4.000	
5							

標準勾配/標準幅員、勾配/幅員量

標準勾配

標準幅員(左) 標準幅員(右)

幅員計算方式 比例 高次放物線

車線(3次元設計データ情報) 一車線 多車線

No	測点名	追加距離	勾配(左)	幅員(左)	勾配(右)	幅員(右)
1	NO 198+73.967	19873.967	-2.000	0.000	2.000	0.000
2	NO 199+29	19929.000	-4.000	0.000	4.000	0.000
3	NO 202+80	20280.000	-4.000	0.000	4.000	0.000
4	NO 202+80	20280.000	-4.000	1.250	4.000	1.250
5	NO 203	20300.000	-4.000	1.250	4.000	1.250
6	NO 203+20	20320.000	-4.000	0.000	4.000	0.000
7	NO 204+70.923	20470.923	-4.000	0.000	4.000	0.000
8	NO 205+3.423	20503.423	-2.000	0.000	2.000	0.000
9	NO 205+40	20540.000	-2.000	0.000	2.000	0.000
10						0.000
11						0.000
12						0.000
13						0.000
14						0.000
15						0.000
16						0.000

参照図面

Viewport-1 (1/1000)

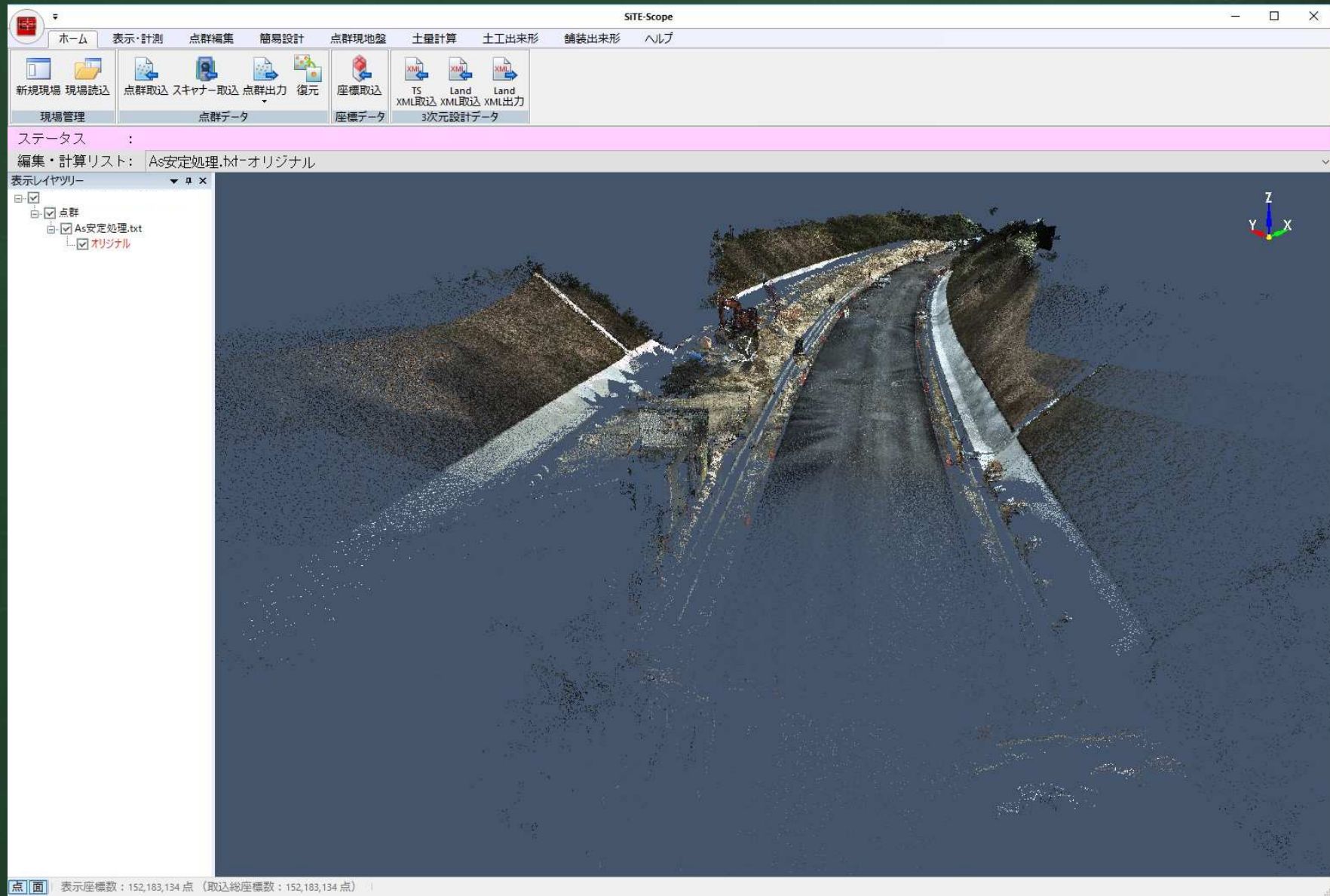
【コマンドを選択してください】

02_平面図 COPL0020.dwg - レイアウト1 03_縦断図 COPF0030.dwg - レイアウト1 06_横断図-01(201+60).dwg - レイアウト1 07_横断図-02(201+80)

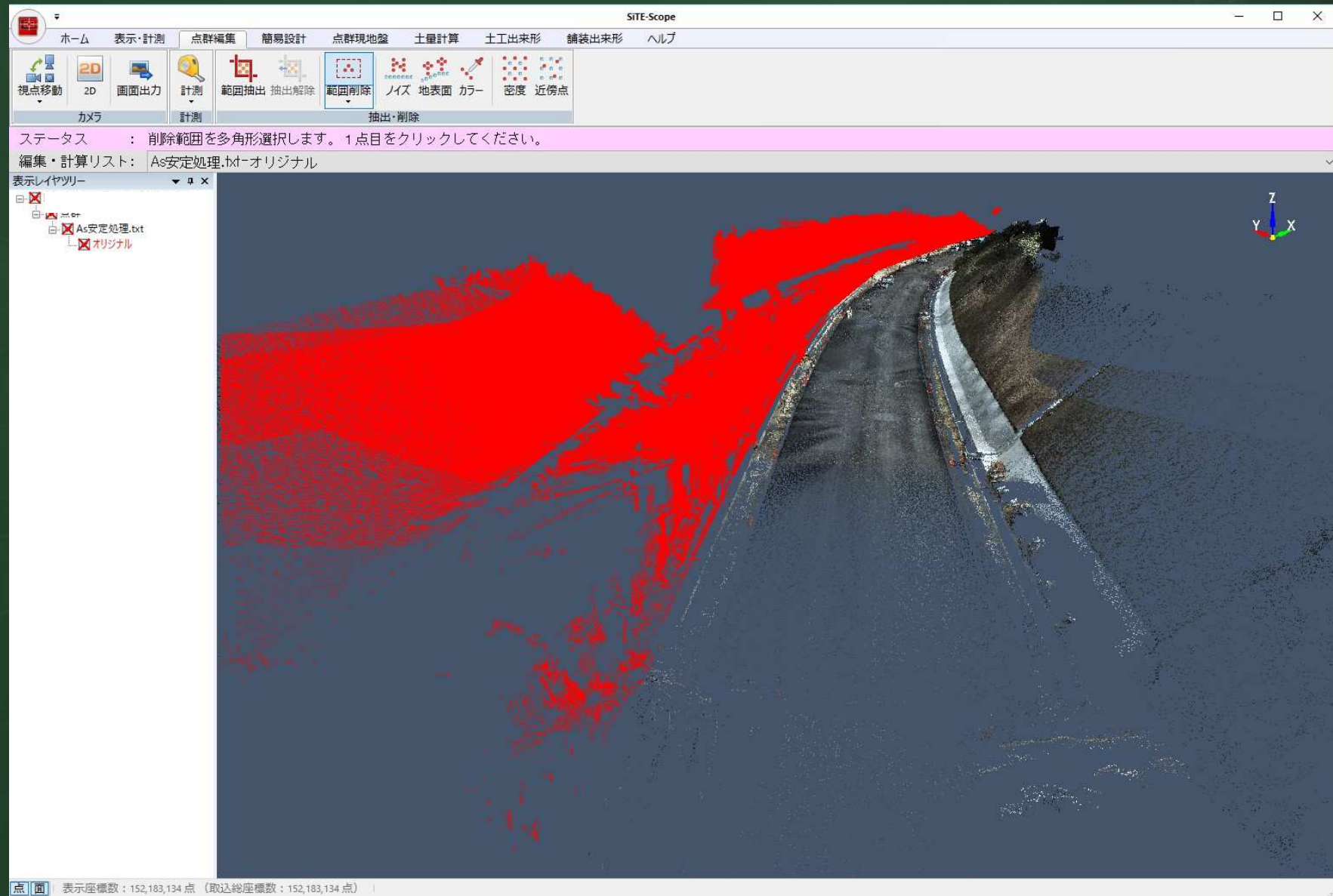
3D

平面 縦断 横断 3D

②点群データ取込



③フィルタリング(範囲外データ削除)



④フィルタリング(データ間引き)

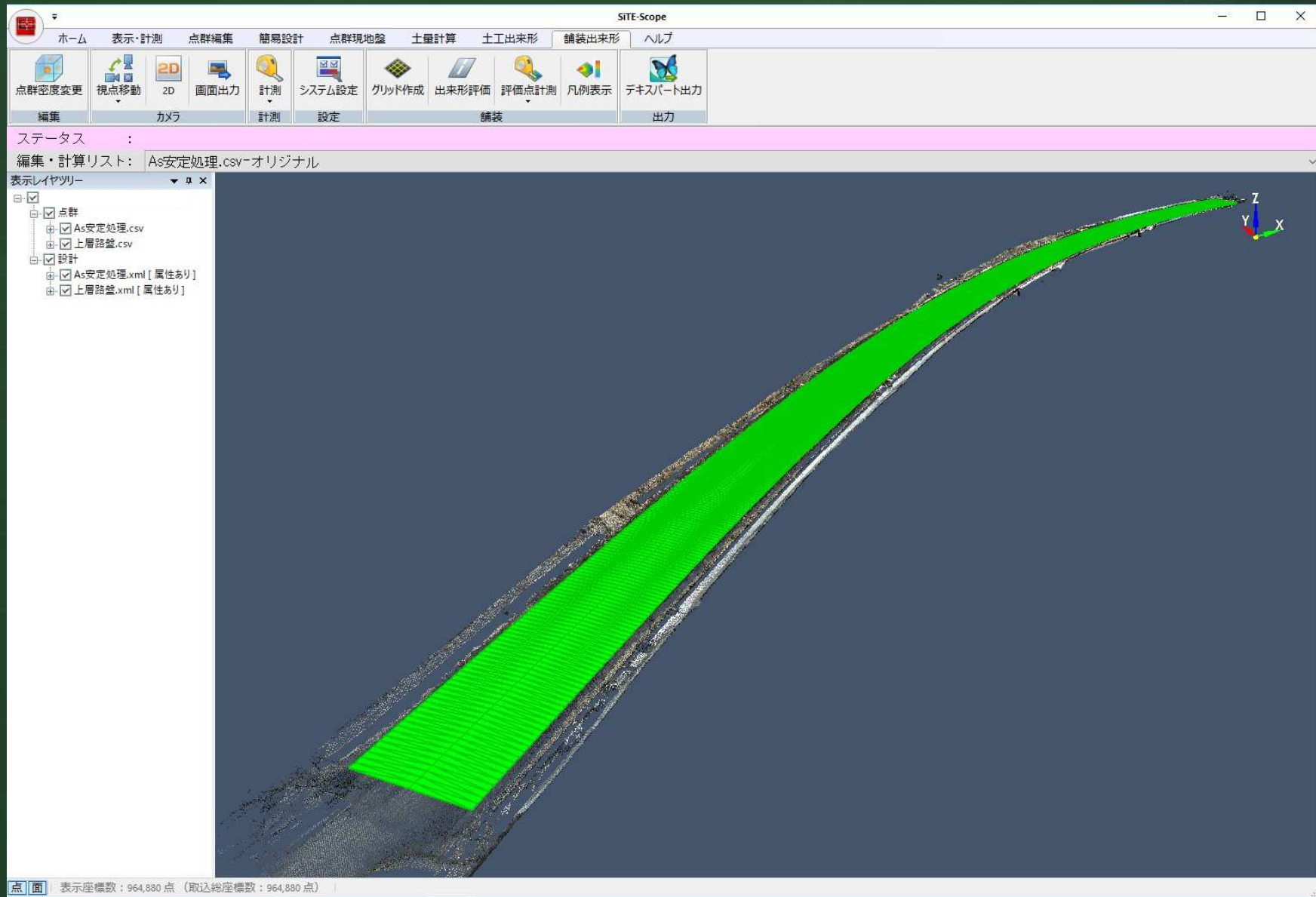
The screenshot displays the SITE-SCOPE software interface. The main window shows a 3D point cloud of a road. A dialog box titled '点群密度変更' (Point Cloud Density Change) is open, allowing the user to adjust the density of the point cloud. The dialog box has the following settings:

- 間隔 (Interval):
 - 起工測量 [0.25m²あたり1点]
 - 岩線 [0.25m²あたり1点]
 - 出来高(部分払) [0.25m²あたり1点]
 - 出来形計測 [0.01m²あたり1点]
 - 出来形評価用 [1m²あたり1点]
 - 出来形評価用 [設計データに対して]
 - 任意 m
- 方法 (Method): 最頻値 (Most Frequent)
- グリッド原点 (Grid Origin):
 - (0, 0) 基準
 - 描画領域左下基準

Buttons: OK, キャンセル (Cancel)

At the bottom of the software window, the status bar shows: 点 面 | 表示座標数 : 577,838 点 (取込総座標数 : 127,505,506 点)

⑤出来形評価用データの抽出



⑥グリッドデータの作成

The screenshot shows the SITE-Scope software interface. The main window displays a 2D grid with a green shaded area. The left sidebar shows a tree view of data layers, and the right sidebar shows command and tool properties.

ステータス : 作成範囲を矩形選択します。1点目をクリックしてください。

編集・計算リスト: As安定処理.csv-オリジナル

表示レイヤツリー

- 点群
 - As安定処理.csv
 - 上層路盤.csv
- 設計
 - As安定処理.xml [属性あり]
 - 上層路盤.xml [属性あり]
- 出来形
 - 舗装出来形
 - グリッド(1.00 m)

コマンドプロパティ

- 設定
 - 間隔(m) 1.00
 - 1点目座標X(m) 33927.0000
 - 1点目座標Y(m) -84889.0000
 - 2点目座標X(m) 34270.0000
 - 2点目座標Y(m) -84691.0000
- 操作
 - 作成

作成

グリッドを作成します。

ツールプロパティ

点面 表示座標数: 964,880 点 (取込総座標数: 964,880 点)

⑦出来形評価(ヒートマップ)

ステータス :
編集・計算リスト: As安定処理.csv-オリジナル

表示レイヤツリー

- 点群
 - As安定処理.csv
 - 上層路盤.csv
- 設計
 - As安定処理.xml [属性あり]
 - 上層路盤.xml [属性あり]
- 出来形
 - 舗装出来形
 - グリッド(1.00 m)
 - 計測結果1
 - 厚さ
 - 標高較差

コマンドプロパティ

ツリープロパティ

- 出来形情報
 - 名称: 厚さ
 - 測定項目: 厚さ
 - オフセット値(mm): 0
 - 設計厚さ(mm): 80
 - データ数: 3,135
 - 評価面積(m²): 3133
- 厚さ
 - 平均値の規格値(mm): -7
 - 平均値(mm): -4
 - 個々の規格値(mm): -45
 - 最大値(mm): 31
 - 最小値(mm): -28
 - 棄却点数: 0
- 操作
 - 適用
 - 棄却点出力
 - 評価点出力

点面 | 表示座標数: 964,880 点 (取込総座標数: 964,880 点)

⑧出来形合否総括表

様式-31-2

出来形合否判定総括表

工種 _____

測点 _____

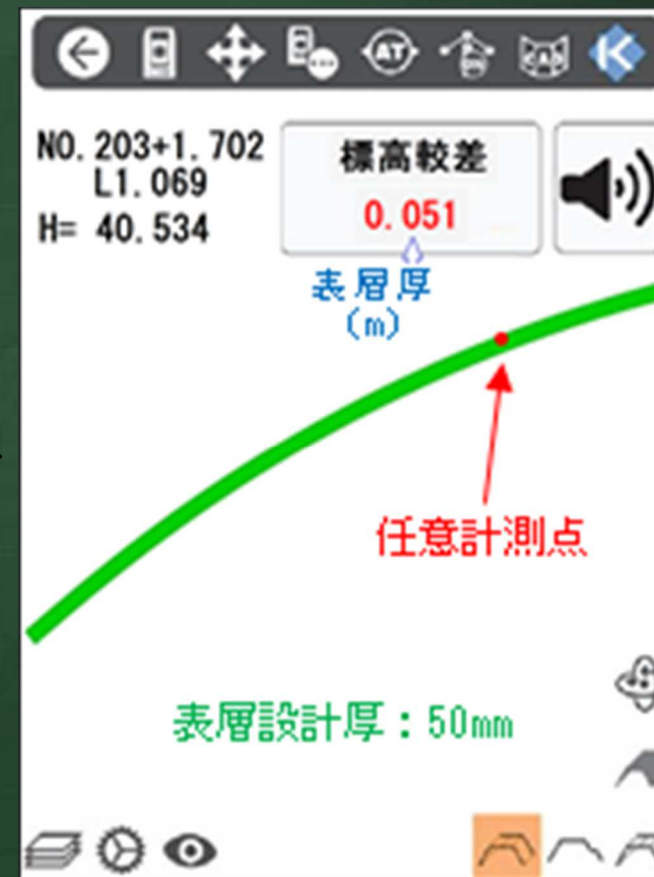
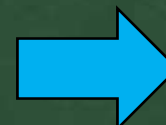
種別 _____

合否判定結果 _____

測定項目		規格値	判定										
厚さ	平均値	-4mm	-7										
	最大値	31mm	-45										
	最小値	-28mm	-45										
	データ数	3135	1点/m ² 以上 (3133点以上)										
	評価面積	3133m ²											
	棄却点数	0	0.3%未満 (9点以下)										
				<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">規格値以内のデータ数 (割合)</th> </tr> <tr> <th>±80%以内</th> <th>±50%以内</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>厚さのばらつき</td> <td>3135 (100.0%)</td> <td>3117 (99.4%)</td> </tr> </tbody> </table>			規格値以内のデータ数 (割合)		±80%以内	±50%以内	厚さのばらつき	3135 (100.0%)	3117 (99.4%)
	規格値以内のデータ数 (割合)												
	±80%以内	±50%以内											
厚さのばらつき	3135 (100.0%)	3117 (99.4%)											

※ヒートマップは棄却点を含む全データを表示

⑨出来形確認・検査



任意計測点の舗装厚を
タブレットPCに表示

ご清聴ありがとうございました