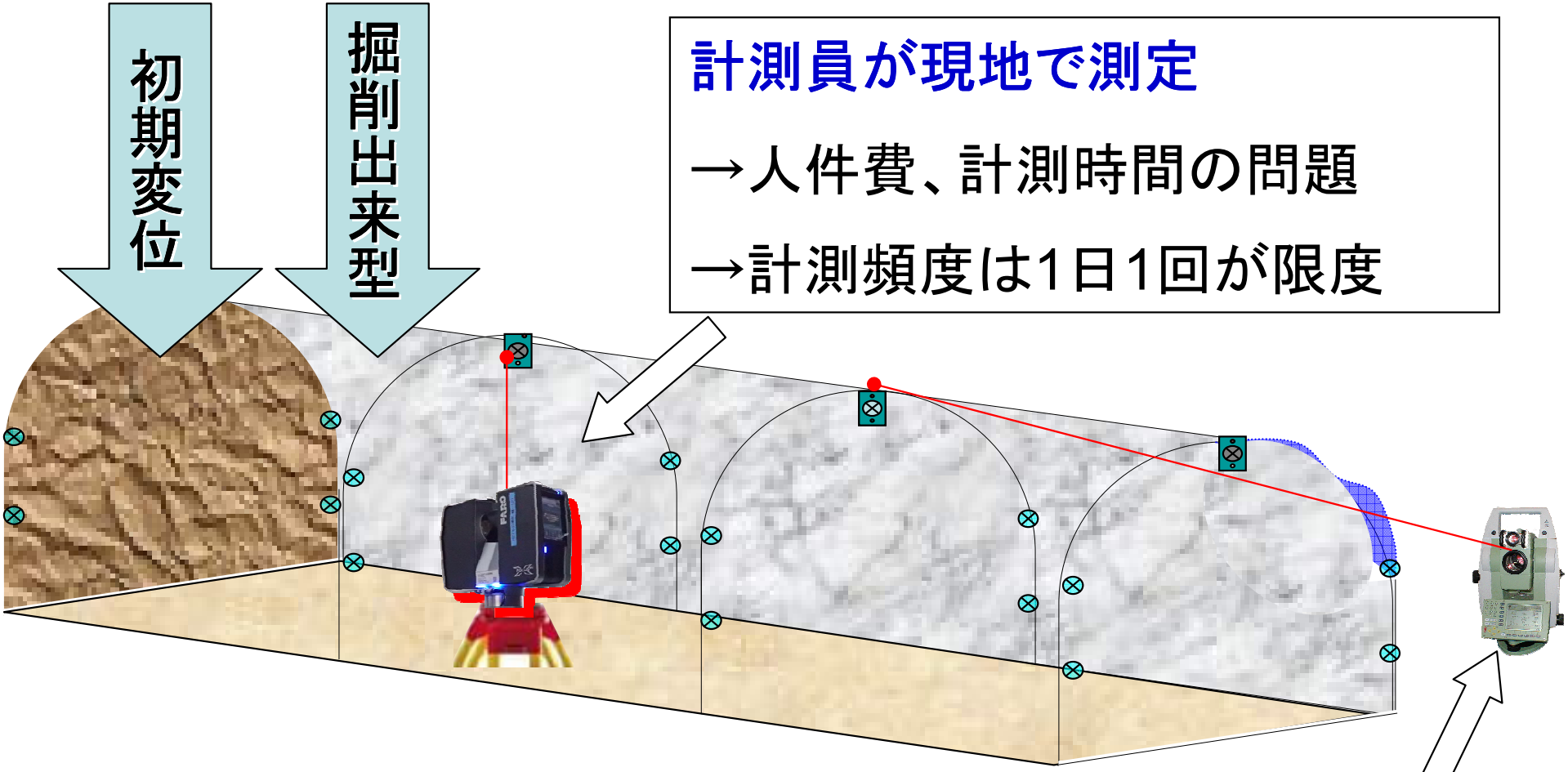
車載式トンネル3Dスキャニングシステム

山下雅之：西松建設株式会社
山本　悟：西松建設株式会社
三井善孝：西松建設株式会社
宮原宏史：マック株式会社・・・・（発表者）

各種計測の課題



計測員が現地で測定

→人件費、計測時間の問題

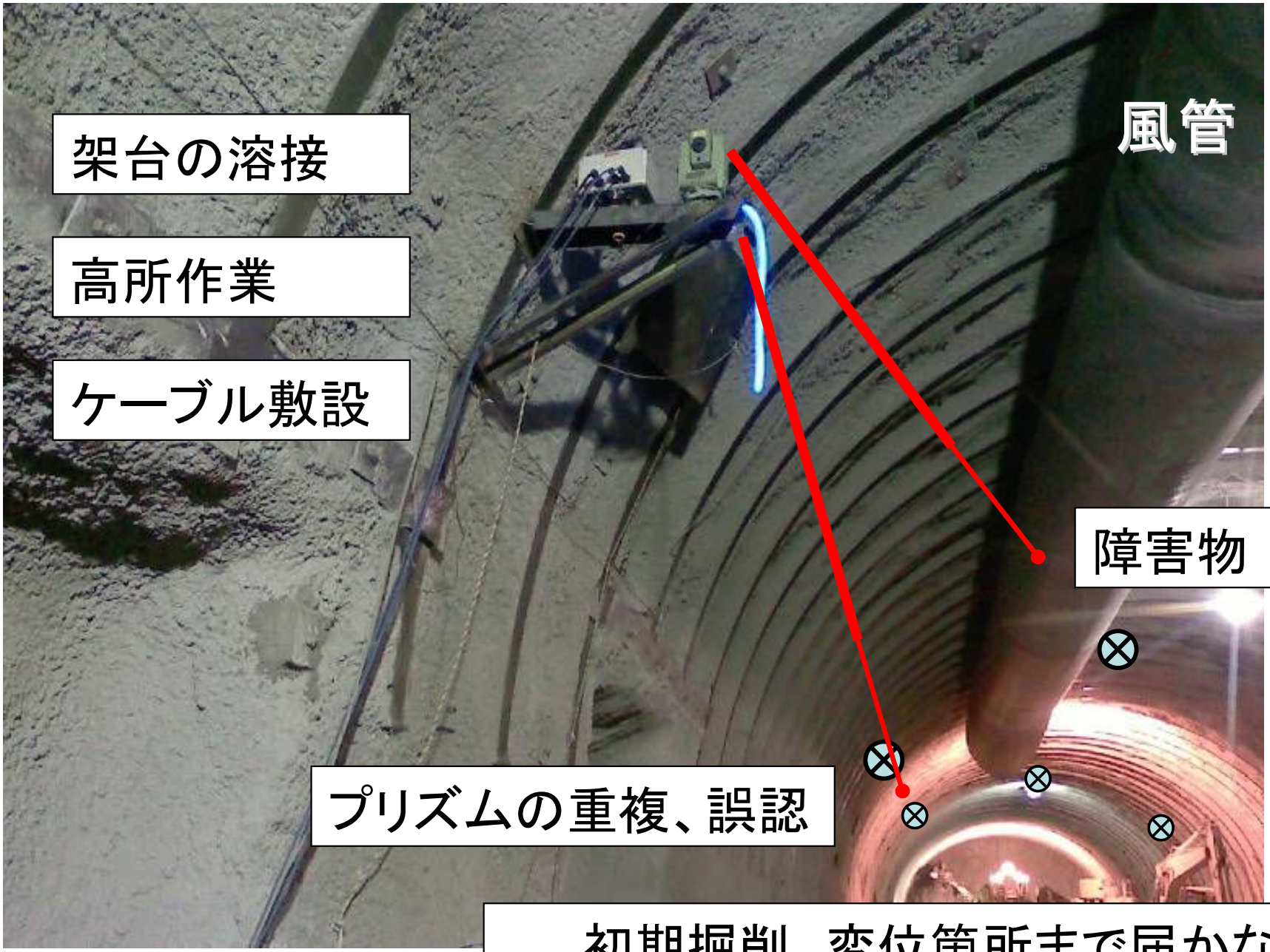
→計測頻度は1日1回が限度

常設計測機による自動計測

→計測頻度は向上（数時間に一回等）

→視準範囲や設置に問題発生

設置式による自動計測の課題



架台の溶接

高所作業

ケーブル敷設

初期掘削、変位箇所まで届かない

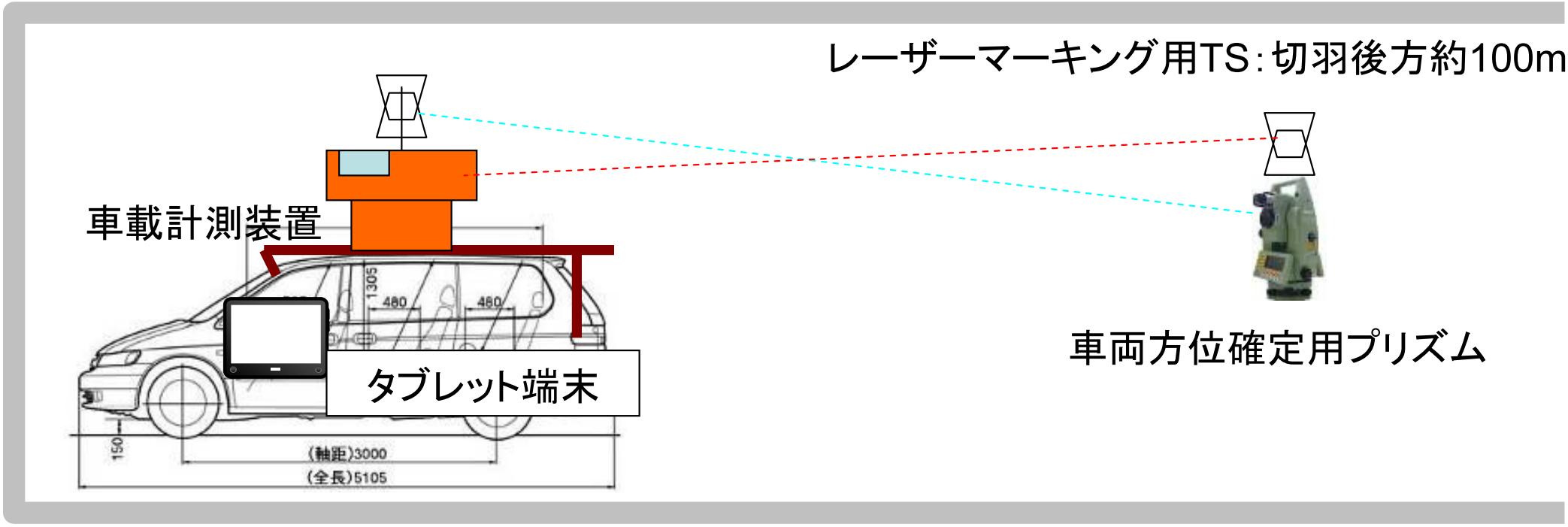
他分野における移動式計測既存技術

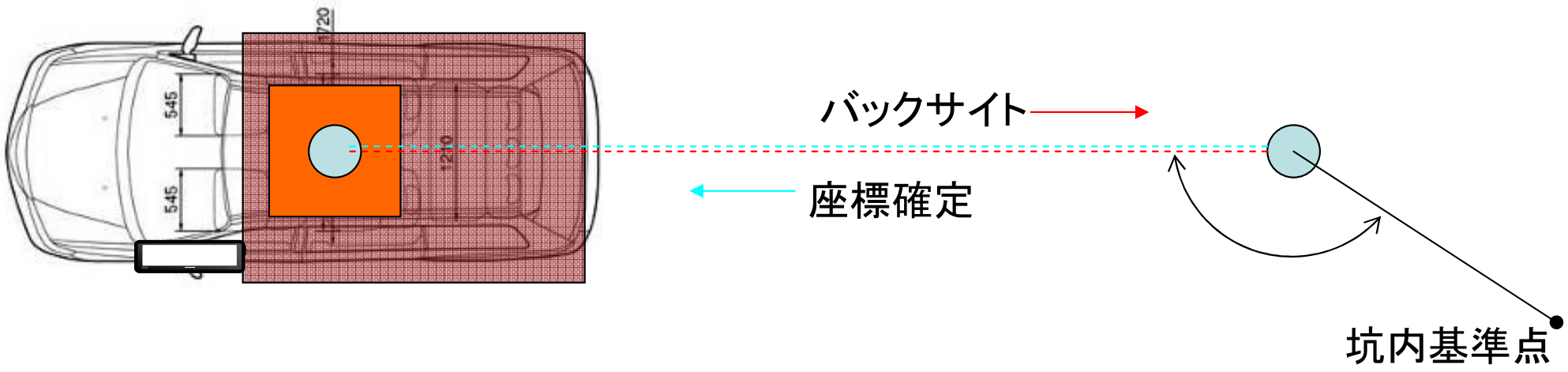
- 絶対位置をGNSS（衛星測位システム）で把握
- 方位をIMU(ジャイロ,角速度センサ)で把握

既存技術のトンネル現場導入時の問題

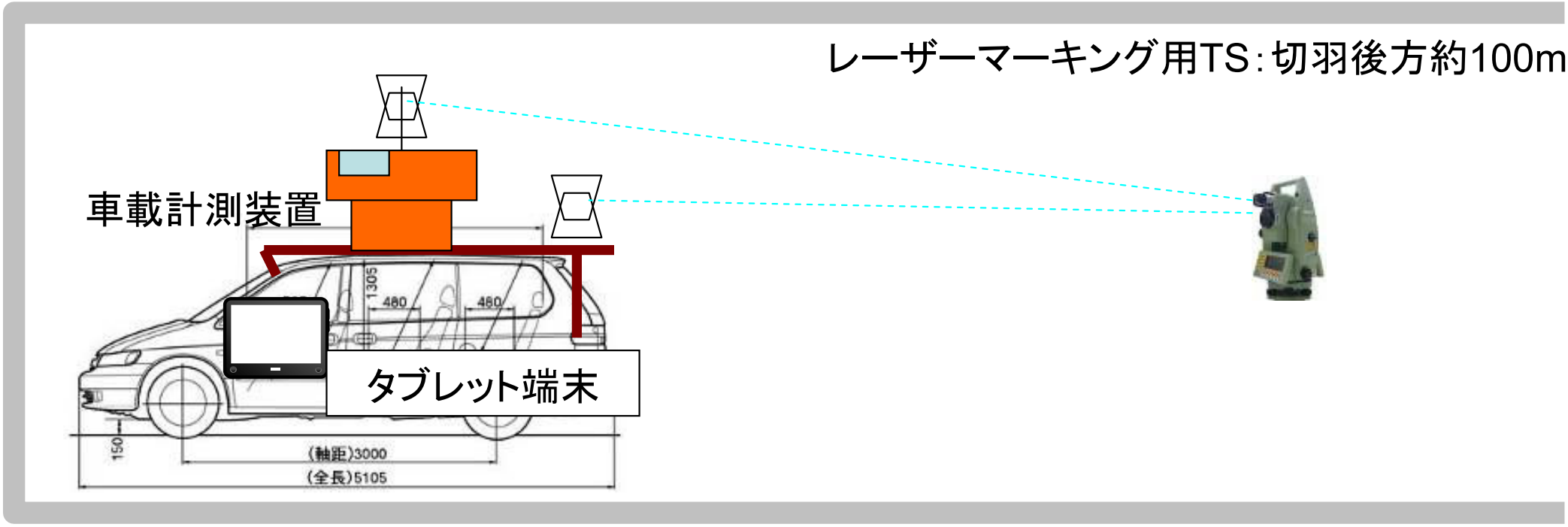
1. GNSS受信環境：なし
2. 要求精度：±5mm程度。GNSS、ジャイロでは達成困難
3. 未舗装路面：走行しながらの計測不可。計測機、ジャイロに悪影響。
4. 路盤傾斜：計測機の整準が困難。
5. 計測時間：坑内サイクルに合わせ、短時間。夜勤作業あり。

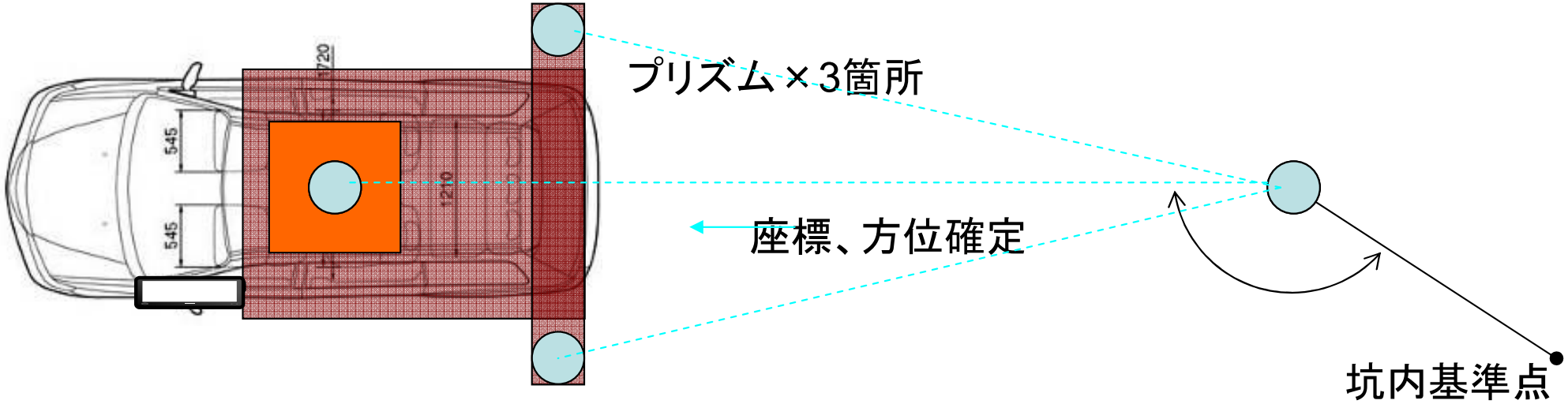
トンネル内における絶対位置把握(その1)



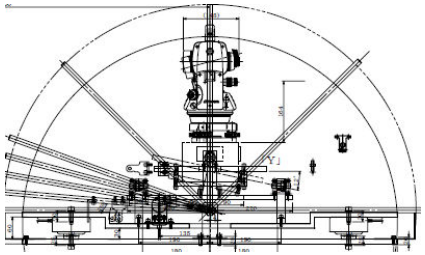


トンネル内における絶対位置把握(その2)

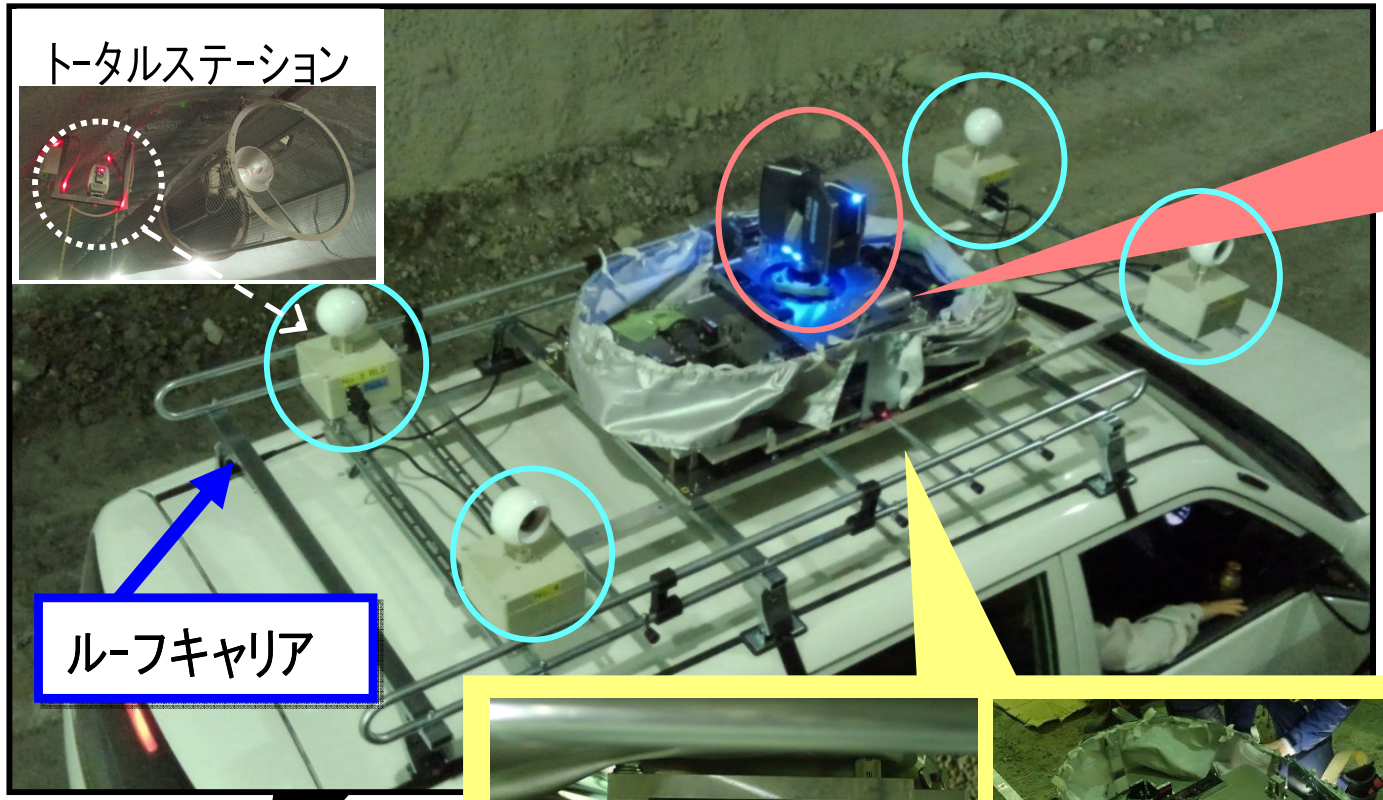




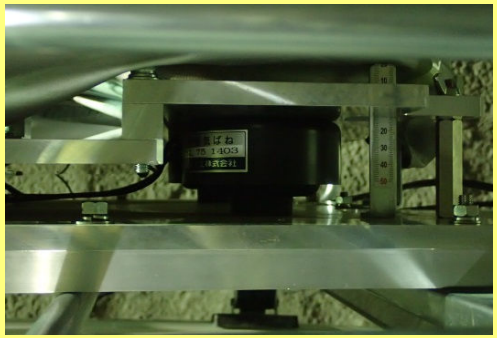
3Dスキャナ搭載状況



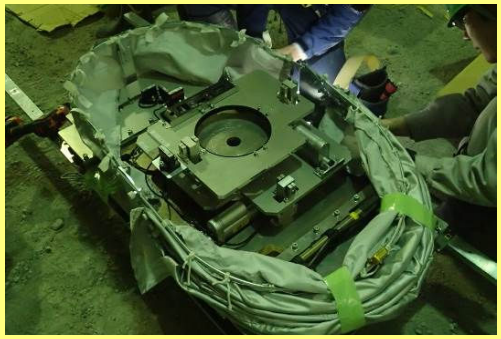
防水カバー



3Dスキャナ



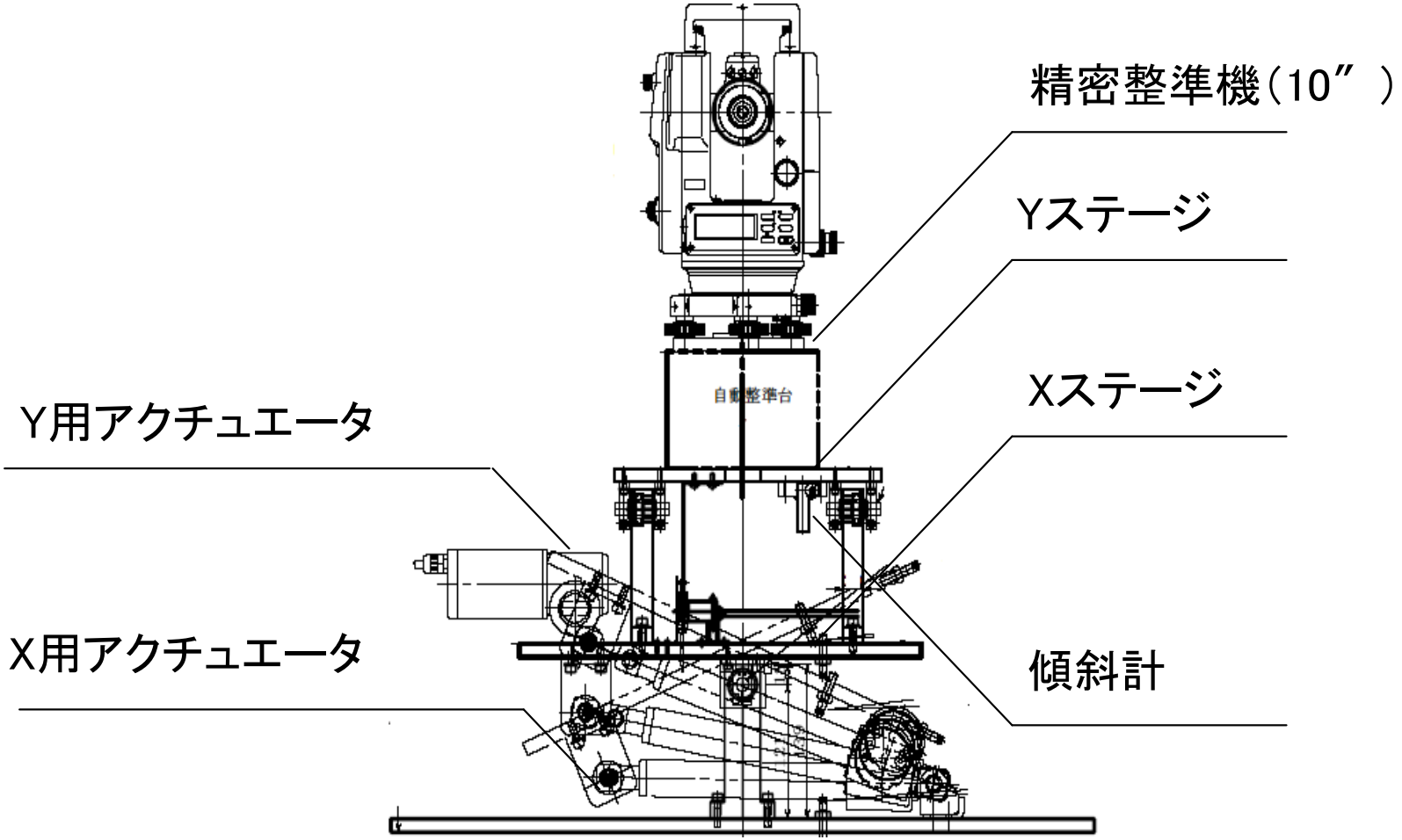
防振用空気ばね



自動水平保持架台

プリズム内蔵
基準球×4

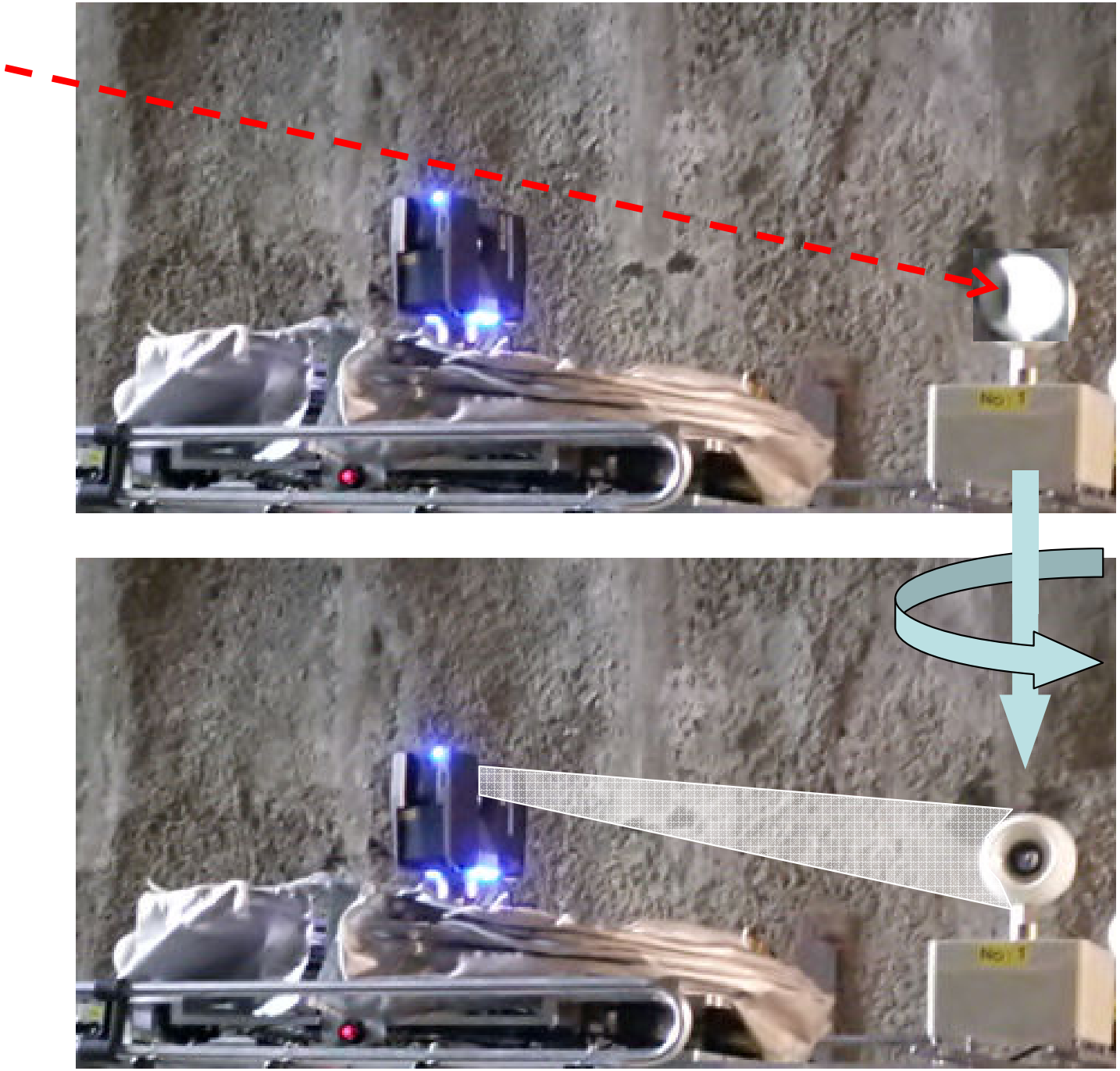
未舗装路面、路盤傾斜対応



高精度自動整準機構

- 防振対策:坑内走行車両の振動影響を除外
- 自動整準:不整路面への停車の影響排除

プリズム内蔵基準球



- TSが球中心のプリズムを測定
- 適正な角度に自動回転制御
- 3Dスキャナが球表面を測定
- 座標変換パラメータ決定

計測フロー

3Dスキャナ内部

スキャナ系（Σ_S）
ローカル点群データ.

タブレットPC

基準球位置座標データ.

絶対座標系（Σ）変換

基準球探索条件設定

線形、断面条件設定

トンネル座標系（Σ_T）変換

障害物除外条件設定
・断面条件、反射率など

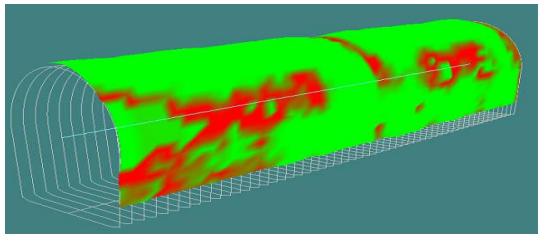
有効データ選定処理

処理設定
・ノイズ処理、平均化条件など

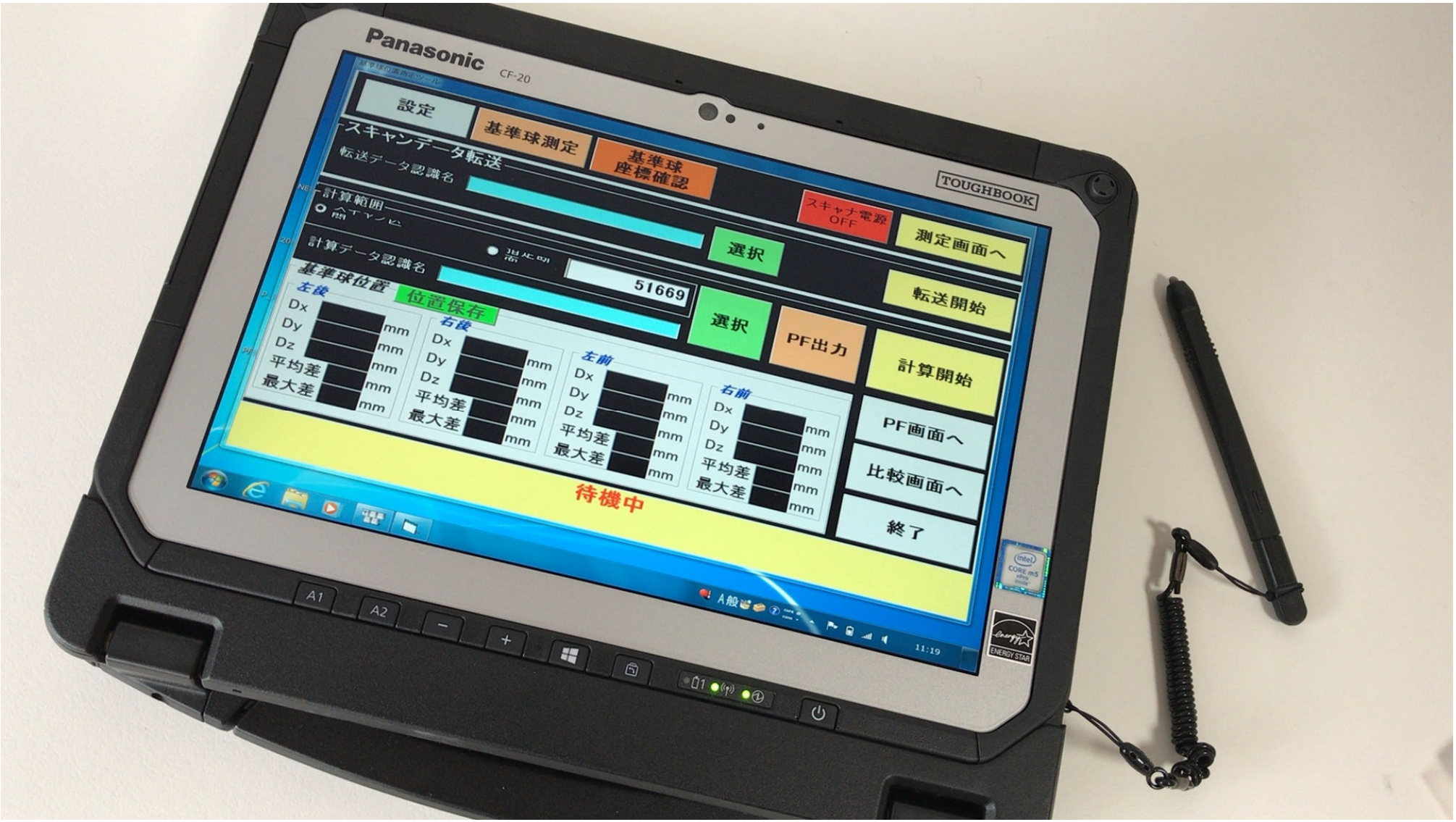
誤差補正処理

変位計算処理

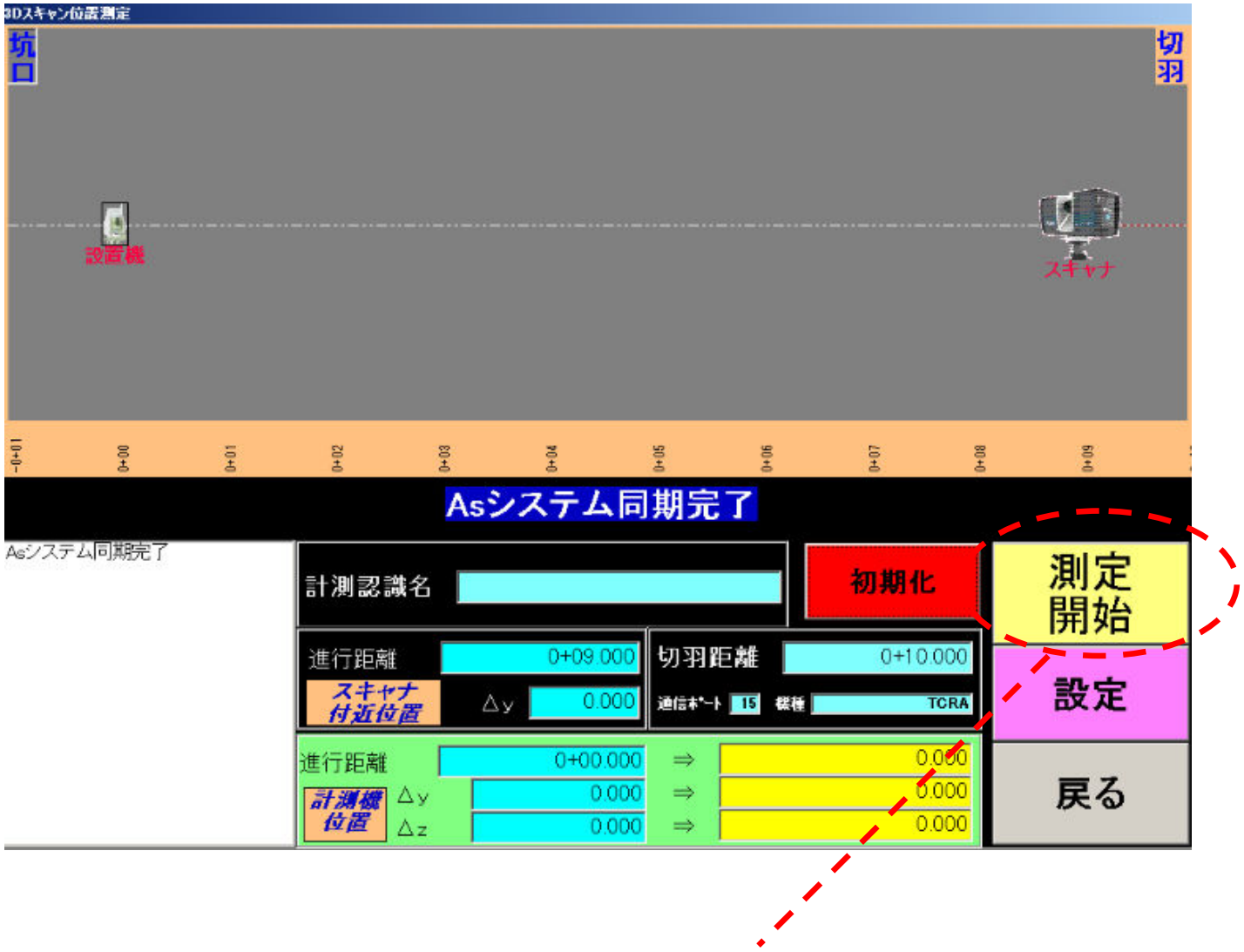
図面作成処理
・特異点経時変化、断面図など



操作、データ処理タブレット

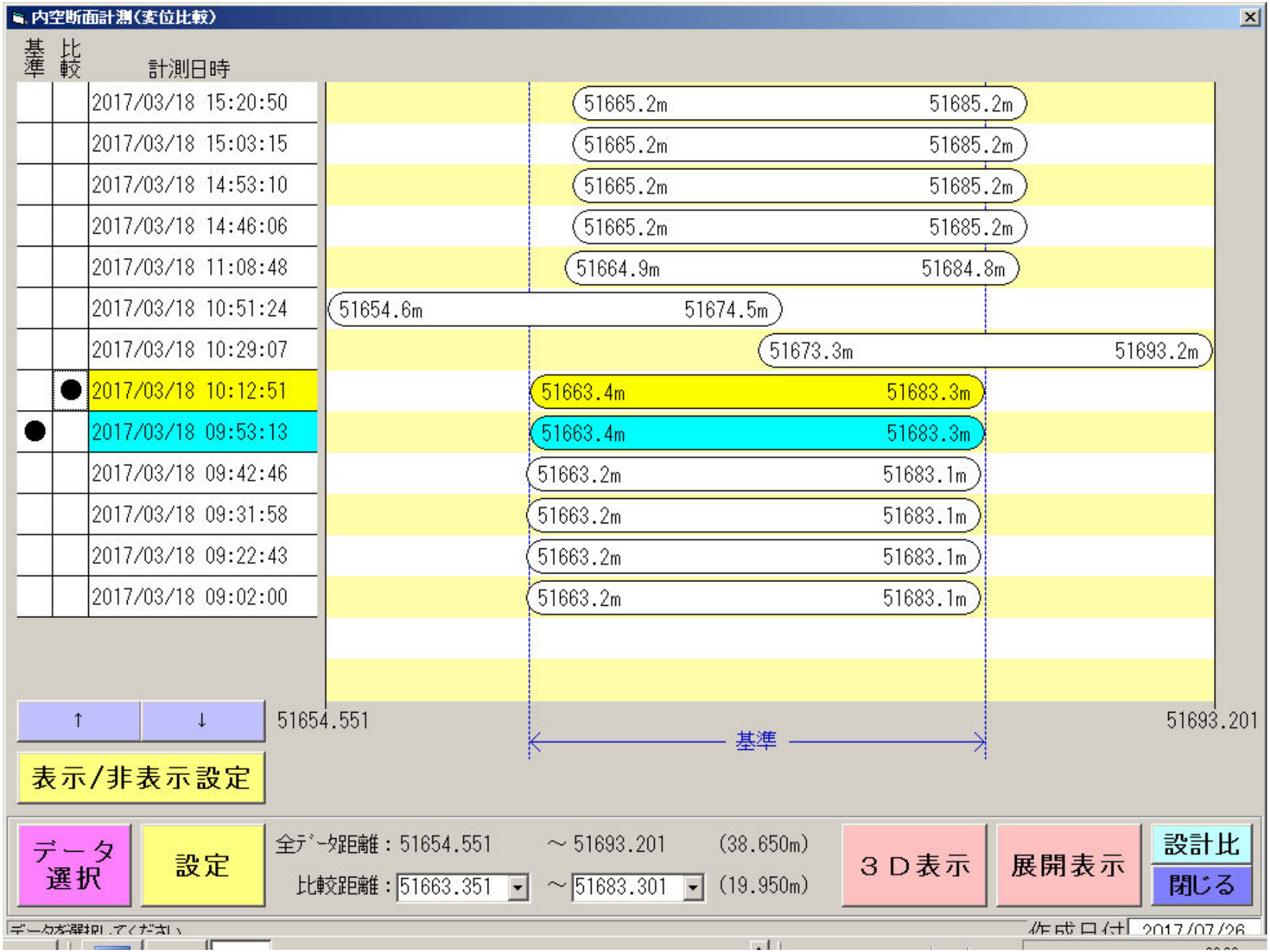


操作画面

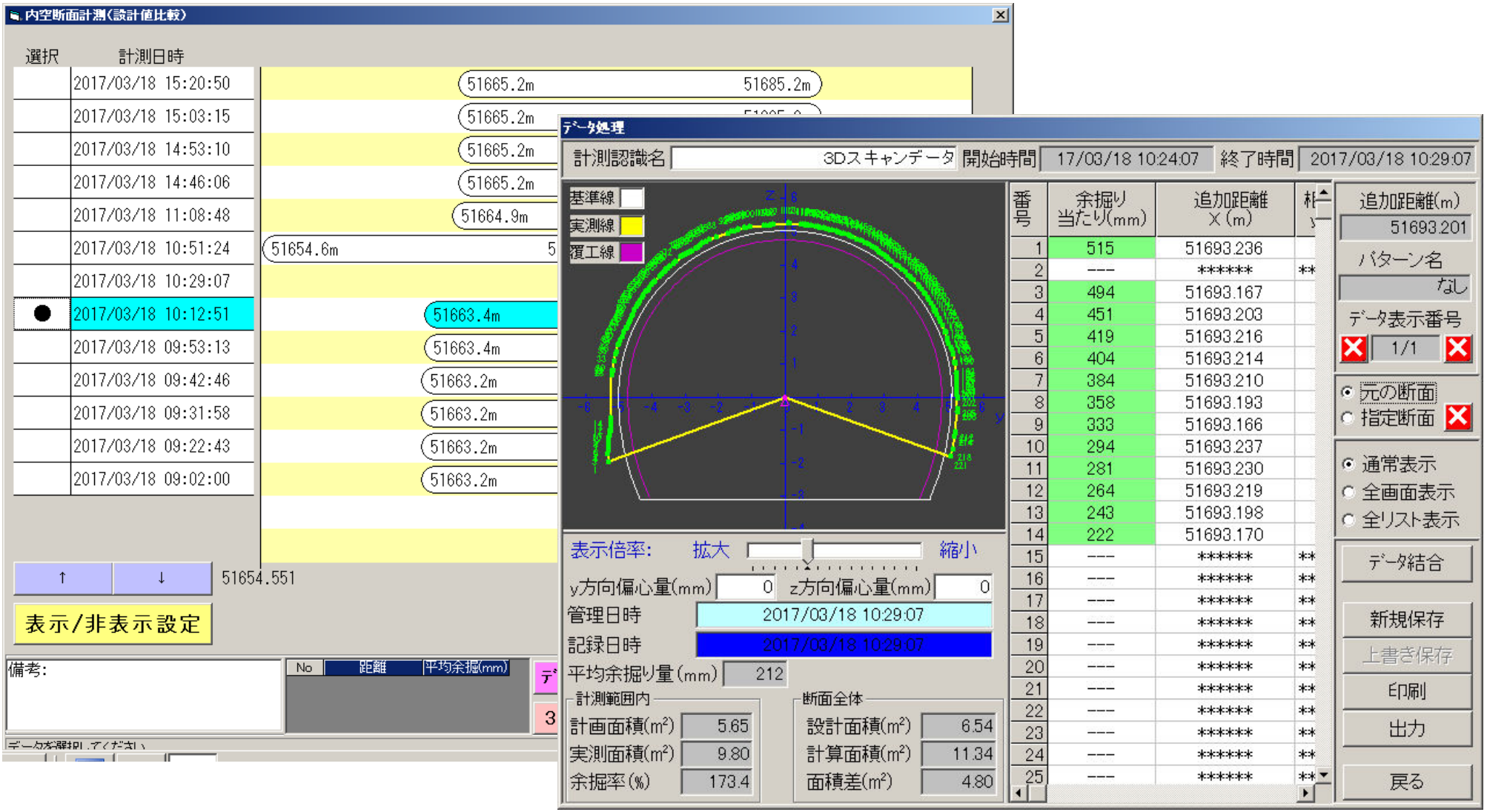


- ボタンクリックのみで計測開始→自動終了

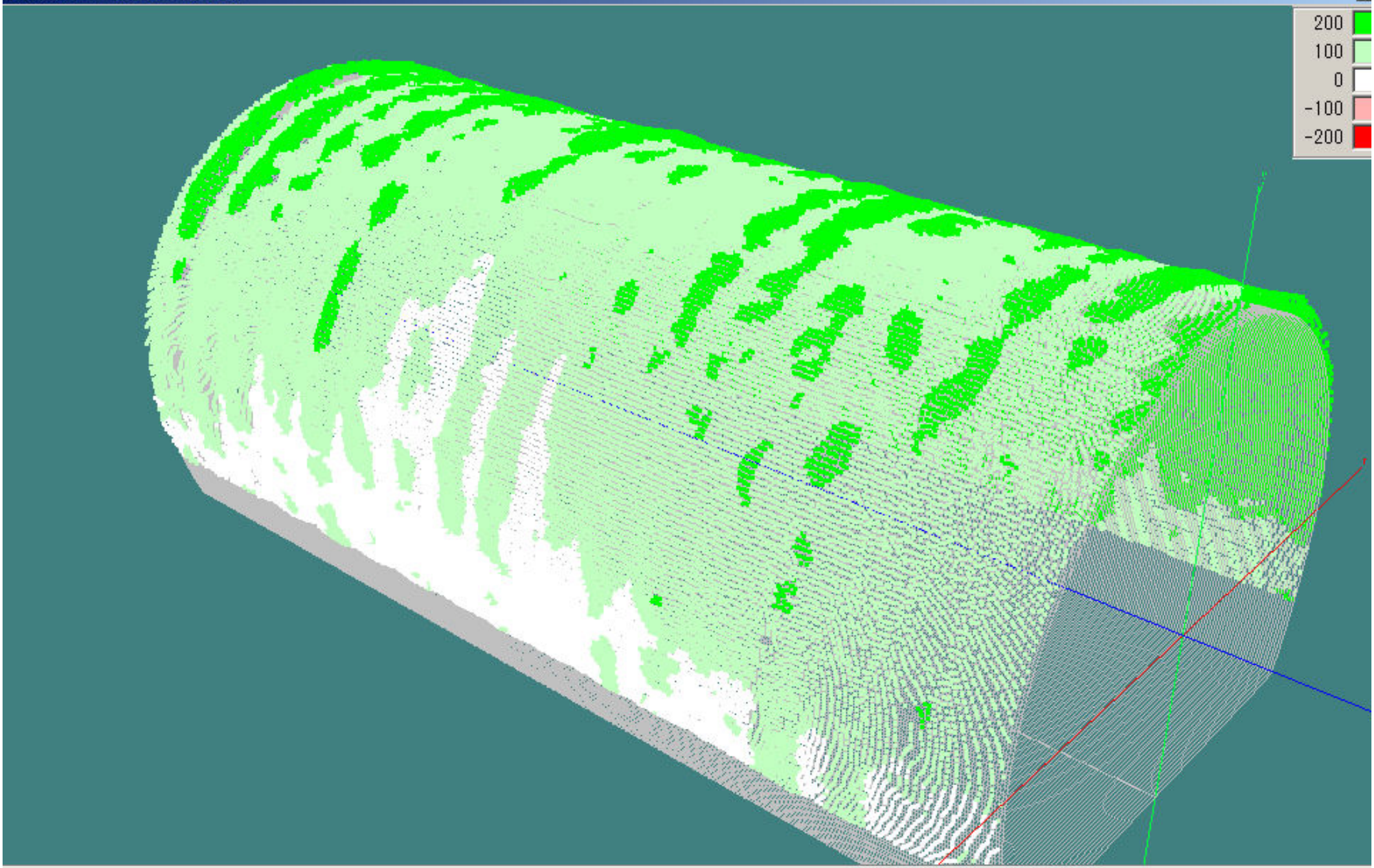
変位描画


内空断面計測(変位比較)
基準
比較
計測日時
2017/03/18 15:20:50
2017/03/18 15:03:15
2017/03/18 14:53:10
2017/03/18 14:46:06
2017/03/18 11:08:48
2017/03/18 10:51:24
2017/03/18 10:29:07
2017/03/18 10:12:51
2017/03/18 09:53:13
2017/03/18 09:42:46
2017/03/18 09:31:58
2017/03/18 09:22:43
2017/03/18 09:02:00
51665.2m 51685.2m
51665.2m 51685.2m
51665.2m 51685.2m
51665.2m 51685.2m
51664.9m 51684.8m
51654.6m 51674.5m
51673.3m 51693.2m
51663.4m 51683.3m
51663.4m 51683.3m
51663.2m 51683.1m
51663.2m 51683.1m
51663.2m 51683.1m
51663.2m 51683.1m
↑
↓
51654.551
51693.201
基準
表示/非表示設定
データ選択
設定
全データ距離：51654.551 ～51693.201 (38.650m)
比較距離：51663.351 ～51683.301 (19.950m)
３Ｄ表示
展開表示
設計比
閉じる
作成日付 2017/07/26

設計比較


内空断面計測(設計値比較)
選択
計測日時
2017/03/18 15:20:50
2017/03/18 15:03:15
2017/03/18 14:53:10
2017/03/18 14:46:06
2017/03/18 11:08:48
2017/03/18 10:51:24
2017/03/18 10:29:07
2017/03/18 10:12:51
2017/03/18 09:53:13
2017/03/18 09:42:46
2017/03/18 09:31:58
2017/03/18 09:22:43
2017/03/18 09:02:00
51665.2m
51685.2m
51665.2m
51665.2m
51665.2m
51664.9m
51654.6m
51663.4m
51663.4m
51663.2m
51663.2m
51663.2m
51663.2m
51654.551
表示/非表示設定
備考:
No
距離
平均余掘(mm)
データ処理
計測認識名
3Dスキャンデータ
開始時間
17/03/18 10:24:07
終了時間
2017/03/18 10:29:07
基準線
実測線
覆工線
表示倍率:
拡大
縮小
y方向偏心量(mm)
0
z方向偏心量(mm)
0
管理日時
2017/03/18 10:29:07
記録日時
2017/03/18 10:29:07
平均余掘り量(mm)
212
計測範囲内
計画面積(m²)
5.65
実測面積(m²)
9.80
余掘率(%)
173.4
断面全体
設計面積(m²)
6.54
計算面積(m²)
11.34
面積差(m²)
4.80
番号
余掘り当たり(mm)
追加距離X(m)
追加距離(m)
51693.201
パターン名
なし
データ表示番号
1/1
元の断面
指定断面
通常表示
全画面表示
全リスト表示
データ結合
新規保存
上書き保存
印刷
出力
戻る

内空断面計測(設計値比較)



備考:

No	距離	平均余掘(mm)
1	363.351000000C	-2303.9
2	363.4009999999	-1316.4
3	363.451000000C	-767.4

データ選択　断面距離 51663.351 ～ 51683.300　変位

3D表示　詳細表示　設定　印刷　閉じる

Y1=-7.72189180420154　X1=-20.0807640681863　Z1=13.8093926171875　X1=-7.72189180420154　作成日付 2017/07/26

計測時間

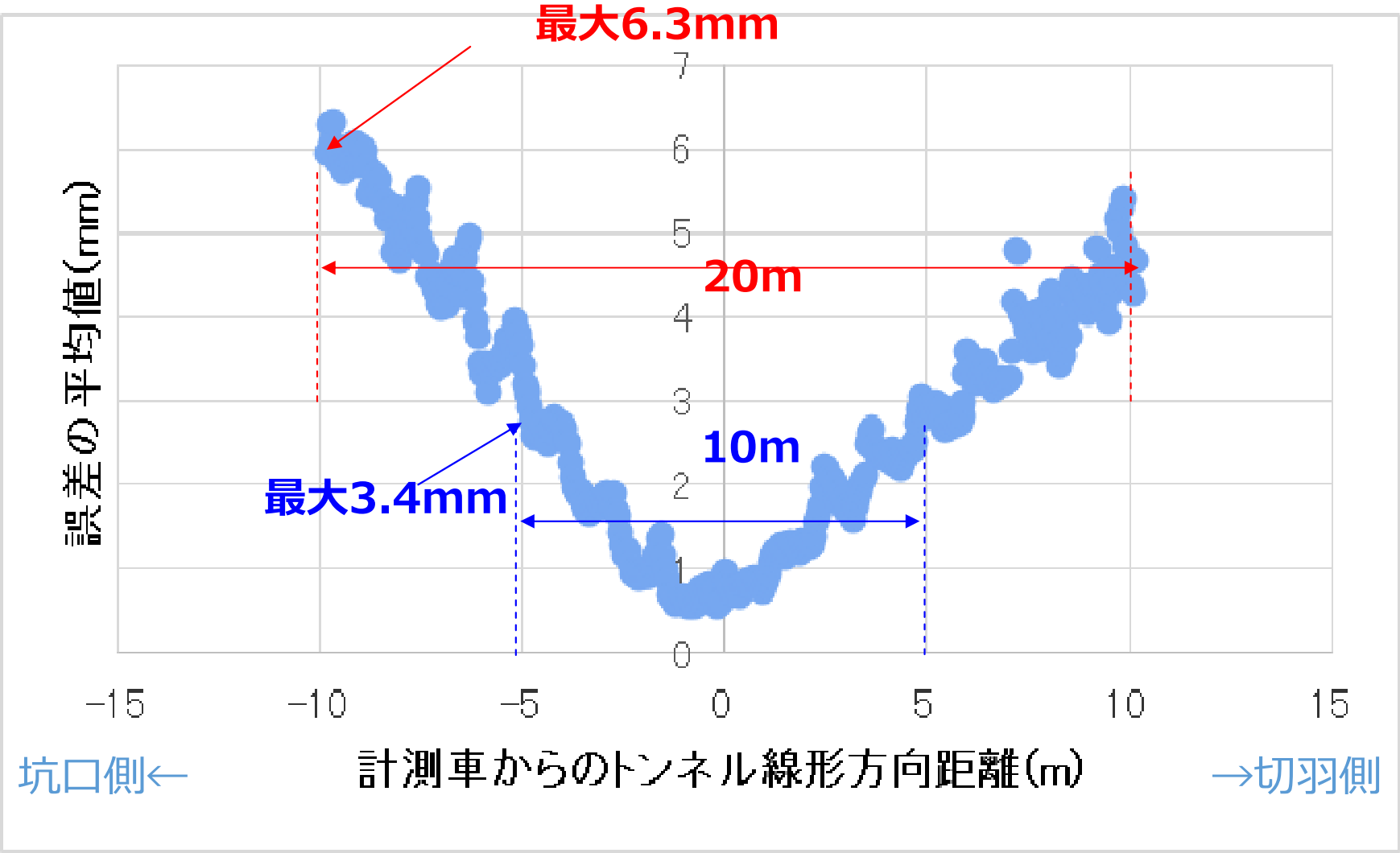
●坑内計測時間(20m区間)

坑内作業内容	【開発技術】 車載式スキャン (sec)	【従来方法】 三脚使用スキャン (sec)
①計測準備作業 (スキャナ、基準球、TS)	20	1,200
②スキャナ位置測定 (TSによる基準球測量)	50	360
③3Dスキャニング	130	130
④データ転送	50	50
⑤データ処理	90	90
⑥片付け	20	480
計	360 (約6min)	2,310 (約39min)

※計測時間:従来手法の約1/6以下

現場実験

●計測精度



※計測精度：従来手法と概ね同程度の計測精度を確保

まとめ

- 計測装置、整準装置、防振装置、基準球画一体となり、切羽後方の坑内常設TSとの連動制御機能を備えた、モバイルスキャニングシステムを開発した。
- 三脚を用いた移動式計測と比較し、所要時間を1/6以下に低減した.
- 坑内タブレットでの点群データ処理を可能となり、事務所PCによる処理が不要となった。

※今後は現場運用を通じ、より現場ニーズに応じたシステムを開発する予定。

ご清聴有難うございました

山下雅之：西松建設株式会社
山本　悟：西松建設株式会社
三井善孝：西松建設株式会社
宮原宏史：マック株式会社・・・・（発表者）