

# 多様な3次元点群データの整備及び活用 について

---

令和6年1月  
政策統括官付

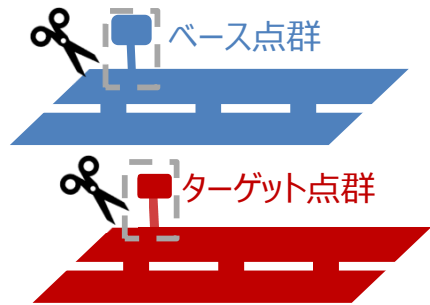
# 点群統合処理の検証結果について

**処理**：ICPアルゴリズムを利用し、3次元点群データの位置合わせ（剛体位置補正）を行う。

ベース点群（基準）及びターゲット点群（移動）で共通して取得できている個所を**位置合わせに利用するサンプル箇所**の点群として抽出。**サンプル箇所の点群間の移動量を計算**した上で統合処理を実施。

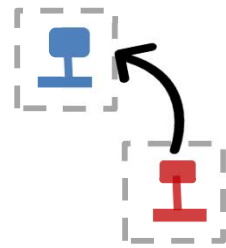
## 点群統合処理の流れ

① サンプル箇所の点群を抽出



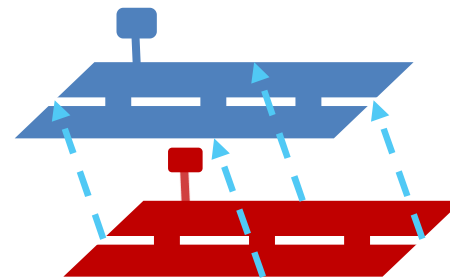
2つの点群で共通の地物を切出す  
（準備作業）

② 移動量を計算



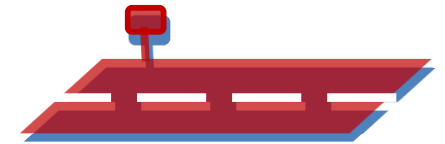
サンプル箇所の点群より移動量を計算

③ ターゲット点群を移動



計算した移動量を元にターゲット点群の位置を補正

④ 統合処理の完了



サンプル箇所を抽出し移動量計算を行うことで、欠損部分（オクルージョン）やノイズの影響を低減する。ICPアルゴリズムでの計算処理が**サンプル箇所の点群のみとなるため、処理時間が短縮する。**

## 点群統合処理の評価について

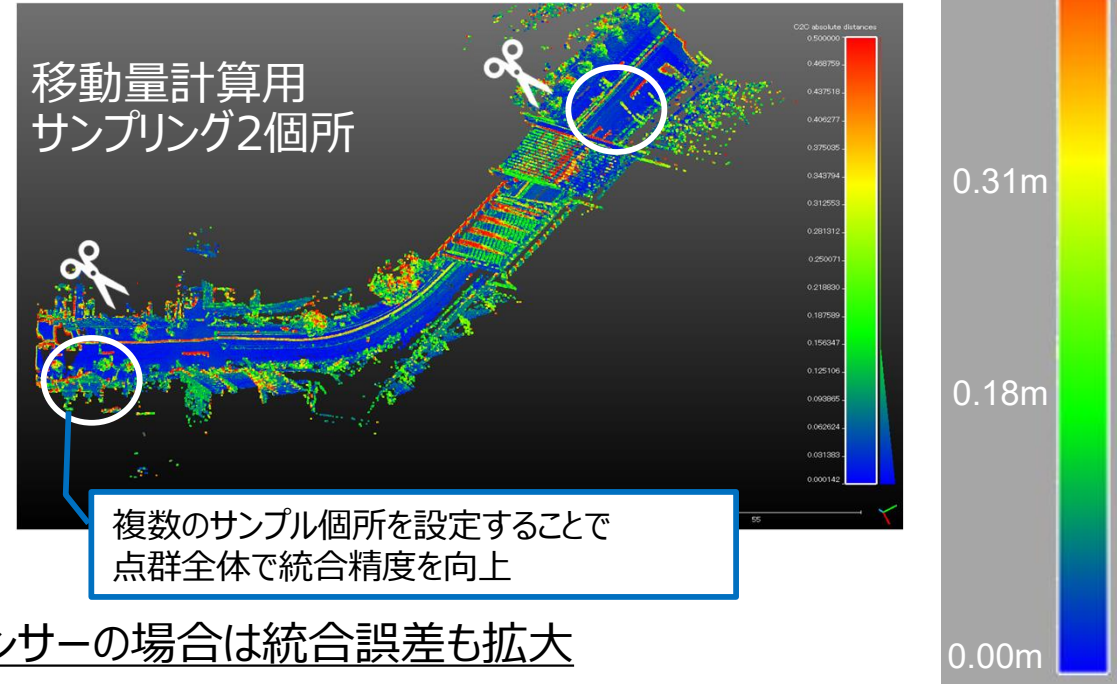
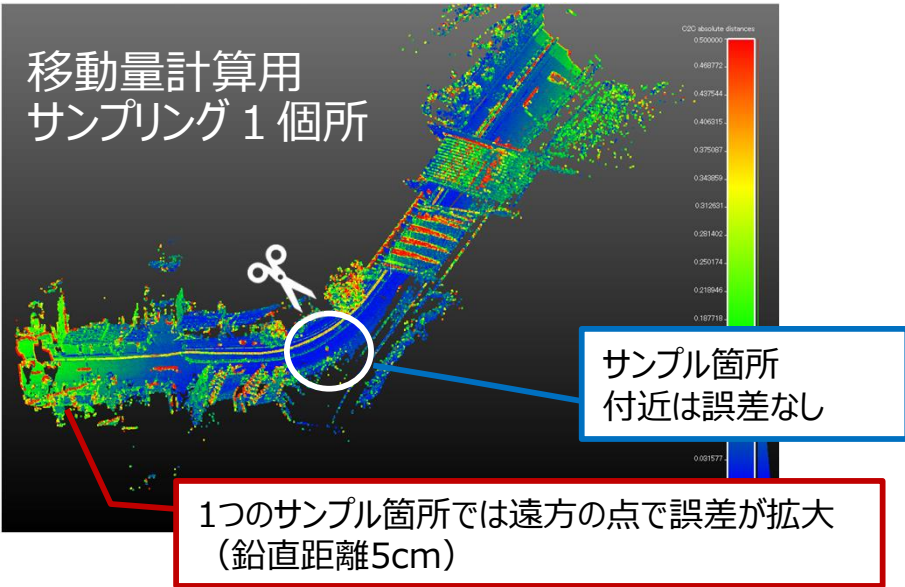
3次元点群データの統合処理の精度評価は、統合後の点群同士の位置ずれを計測することで実施。

評価結果に影響すると考えられるサンプル抽出の個所数と取得センサーによる違い（累積誤差の影響、データ欠損の有無）を影響因子として設定。

# 点群統合処理の評価結果

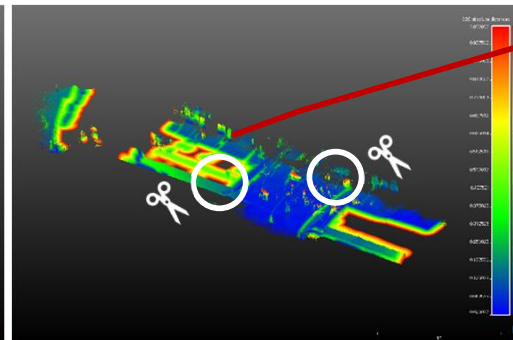
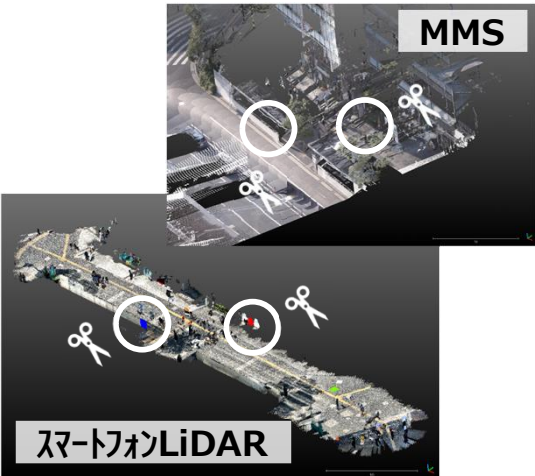
結果1：複数のサンプル抽出箇所を取得することで精度を向上することが可能

統合後結果 凡例：青色較差ほぼ0cm 道路計測（車載MMS）× 歩道計測（バックパック）



結果2：3次元点群データの累積誤差が大きい取得センサーの場合は統合誤差も拡大

道路計測（車載MMS）× 歩道計測（スマートフォン）



スマートフォンの3次元点群データは累積誤差を有しており、  
サンプル箇所の点群を増やしても統合精度が悪い



# 点群統合処理の評価結果

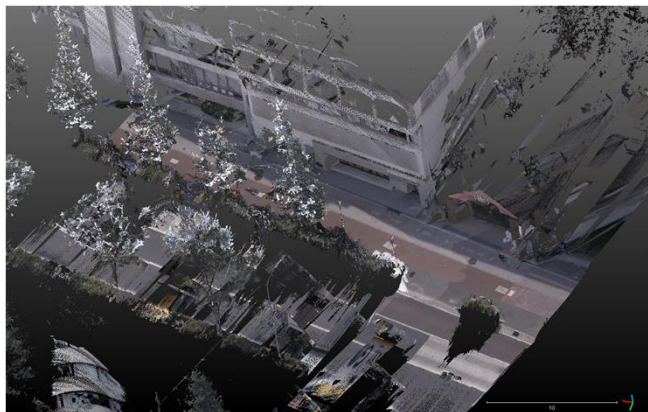
## 結果3 道路計測（車載MMS）× 歩道計測（台車搭載MMS）

路面付近において全体的に較差5cm以内に統合されている

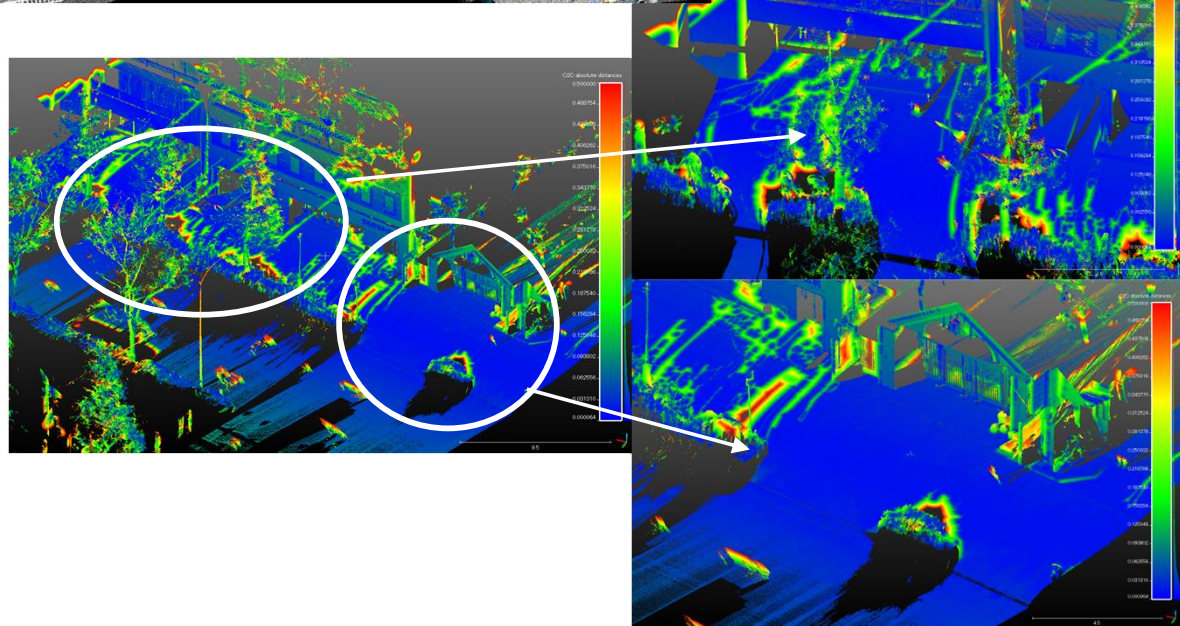
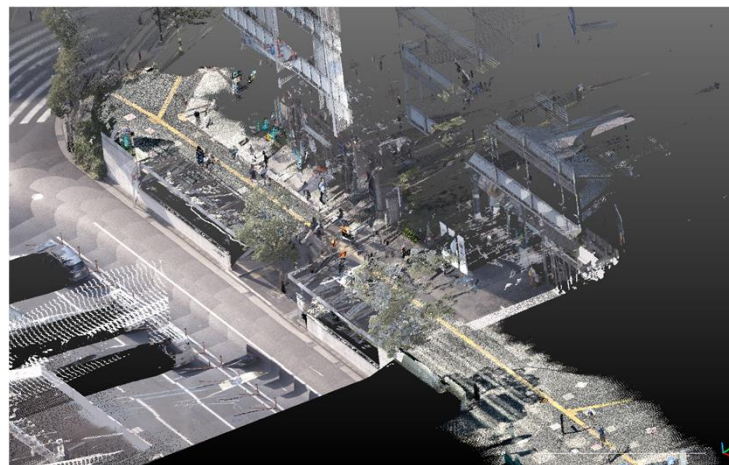
ベース：道路計測（車載MMS）



ターゲット：歩道計測（台車搭載MMS）



統合後



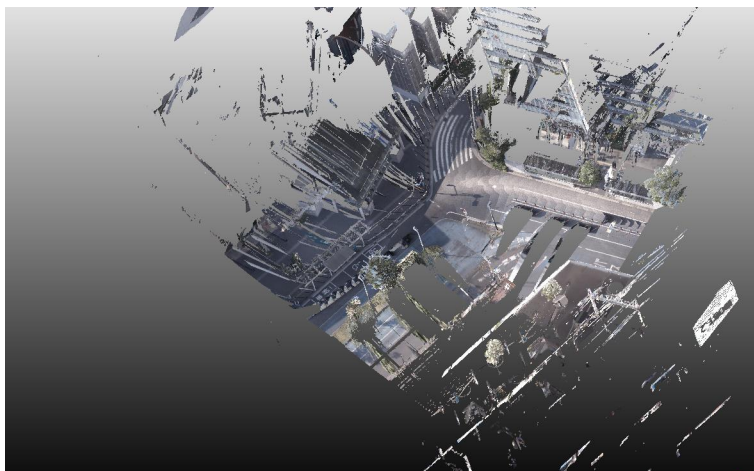


# 点群統合処理の評価結果

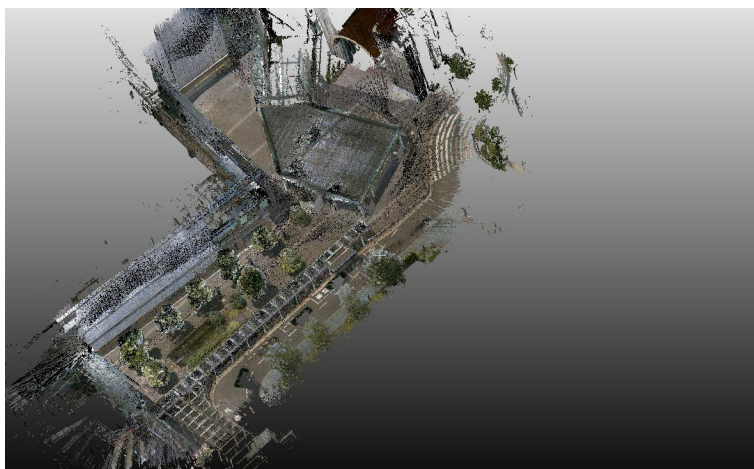
## 結果4 道路計測（車載MMS）× 歩道計測（ハンディLiDAR）

路面付近において全体的に較差5cm以内に統合されている

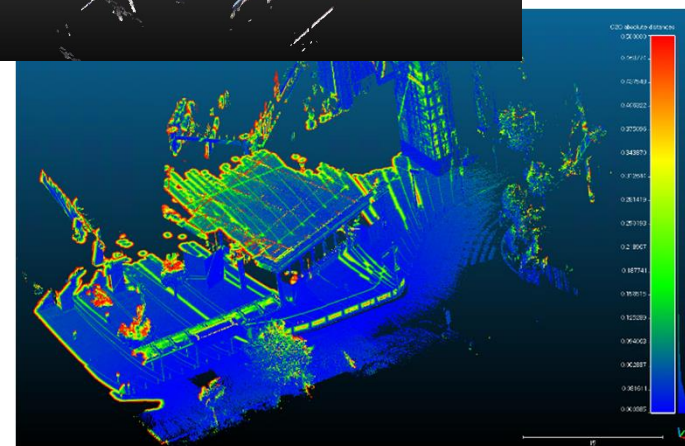
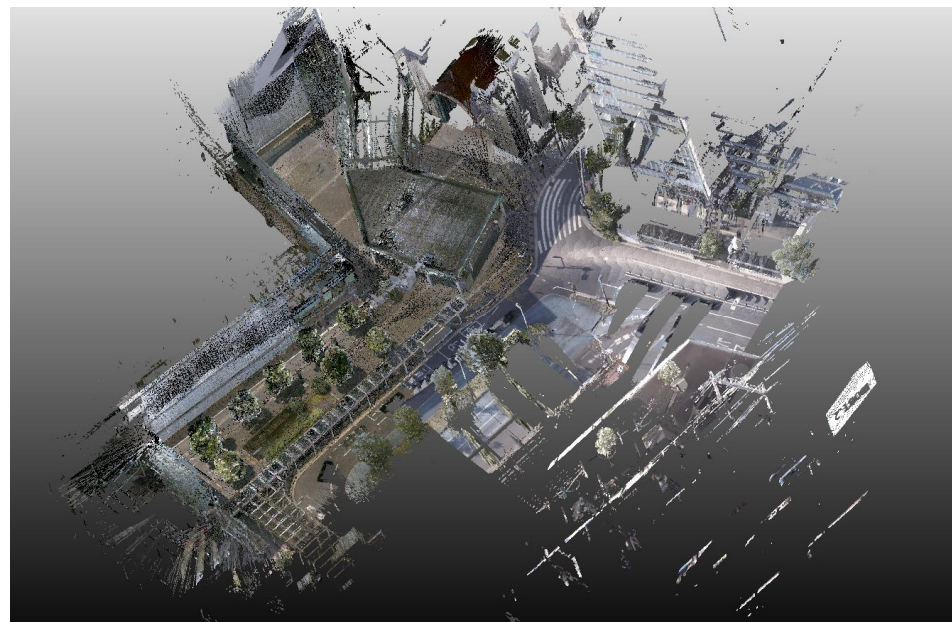
ベース：道路計測（車載MMS）



ターゲット：歩道計測（ハンディLiDAR）



統合後



# 点群統合処理の評価結果

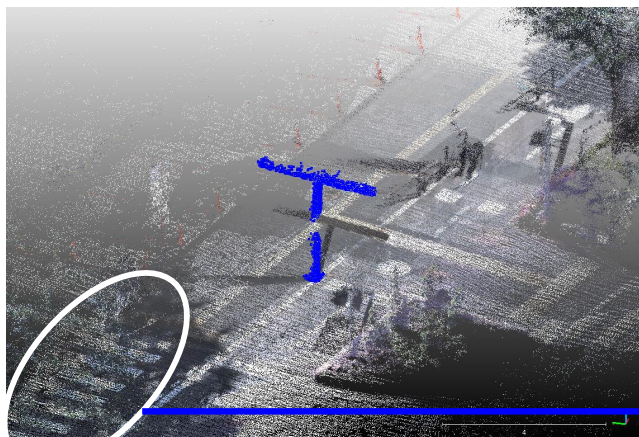
統合失敗例 ターゲット点群の反転 道路計測（車載MMS） × 歩道計測（バックパック）

反転しても同様の形状となるT時の街灯をサンプル抽出箇所の子群とした場合、T時の街灯を中心に位置が反転して統合

ベース：道路計測（車載MMS）



ターゲット：歩道計測（バックパック）



統合後



同じ横断歩道が逆の位置に移動。  
T時の街灯を中心にターゲット点群の位置が反転。



# 点群統合処理の評価結果



統合が成功したものについての精度は概ね較差 5cm 以下となり良好な結果。ベース点群とターゲット点群でサンプル抽出箇所として特徴的な共通地物が取得できない場合や反転しても同様な形状の地物を共通地物とした場合、統合失敗（反転）が発生。また、スマートフォンの様に累積誤差が大きい場合は、統合時に誤差が大きくなりやすい。

## 評価結果（一部抜粋）

| センサー種別<br>ターゲット点群 × ベース点群 |   |             | サンプル<br>取得数 | 統合後較差 (cm)               |
|---------------------------|---|-------------|-------------|--------------------------|
| スマートフォン(歩道)               | × | 車載MMS(車道)   | 3           | 水平距離：10~15cm、鉛直距離：6~10cm |
| バックパック(歩道)                | × | 車載MMS(車道)   | 1           | 水平距離：ほぼ0、鉛直距離：5cm以下      |
| バックパック(歩道)                | × | 車載MMS(車道)   | 2           | 水平距離：ほぼ0、鉛直距離：ほぼ0        |
| 台車搭載MMS(歩道)               | × | 車載MMS(車道)   | 1           | 水平距離：2cm以下、鉛直距離：2cm以下    |
| スマートフォン(歩道)               | × | 台車搭載MMS(歩道) | 1           | 統合失敗（ターゲット点群が反転）         |
| スマートフォン(歩道)               | × | 台車搭載MMS(歩道) | 2           | 水平距離：5cm以下、鉛直距離：ほぼ0      |
| バックパック(歩道)                | × | 台車搭載MMS(歩道) | 2           | 水平距離：ほぼ0、鉛直距離：ほぼ0        |
| スマートフォン(歩道)               | × | バックパック(歩道)  | 2           | 水平距離：5cm以下、鉛直距離：ほぼ0      |
| バックパック(歩道)                | × | 車載MMS(車道)   | 1           | 統合失敗（ターゲット点群が反転）         |
| ハンディ(歩道)                  | × | 車載MMS(車道)   | 3           | 水平距離：2cm以下、鉛直距離：5cm以下    |

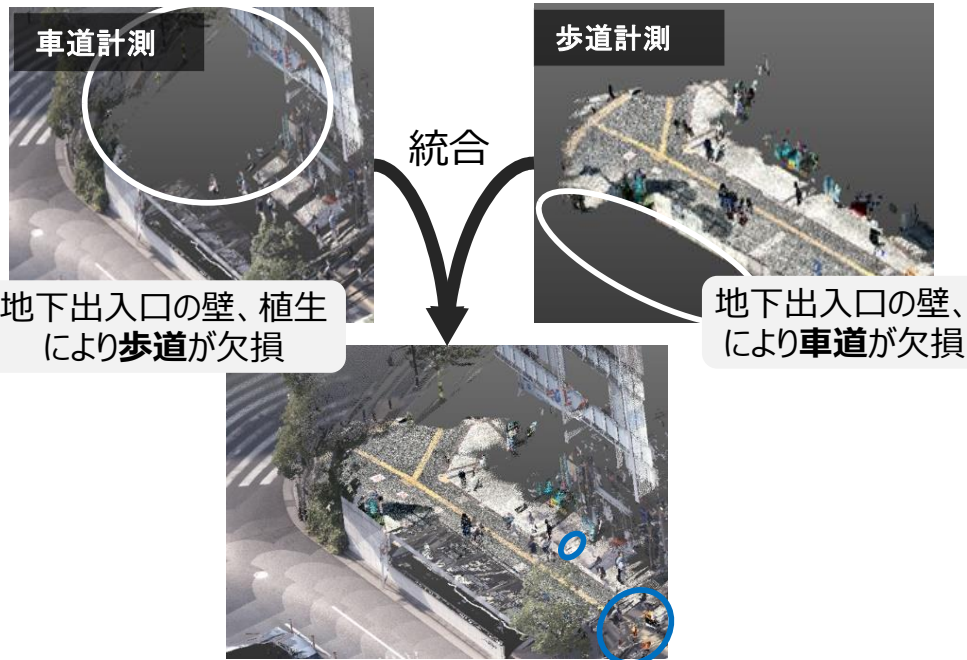
統合するベース点群とターゲット点群共に相対的な歪みが生じていない（累積誤差が小さい、ねじれがないなど）点群データ同士であれば数cm程度の誤差で滑らかに統合が可能であることを確認。

## 点群統合処理を行うための条件

- ベース点群、ターゲット点群で特徴的な共通の地物が取得できていること
- ベース点群とターゲット点群共に相対精度の良い点群データであること

## 点群統合が困難な例

### 共通の地物取得ができない



共通地物がわずかな道路面のみ  
特長のあるサンプル箇所の点群を  
取得できないため、統合処理が困難

### 相対精度が落ちやすい点群データ



累積誤差が大きなデータやGNSS不可視区間の計測データは相対的な歪みが大きくなりやすい



# 点群フィルタリングの検証結果について

# 点群フィルタリングの評価結果

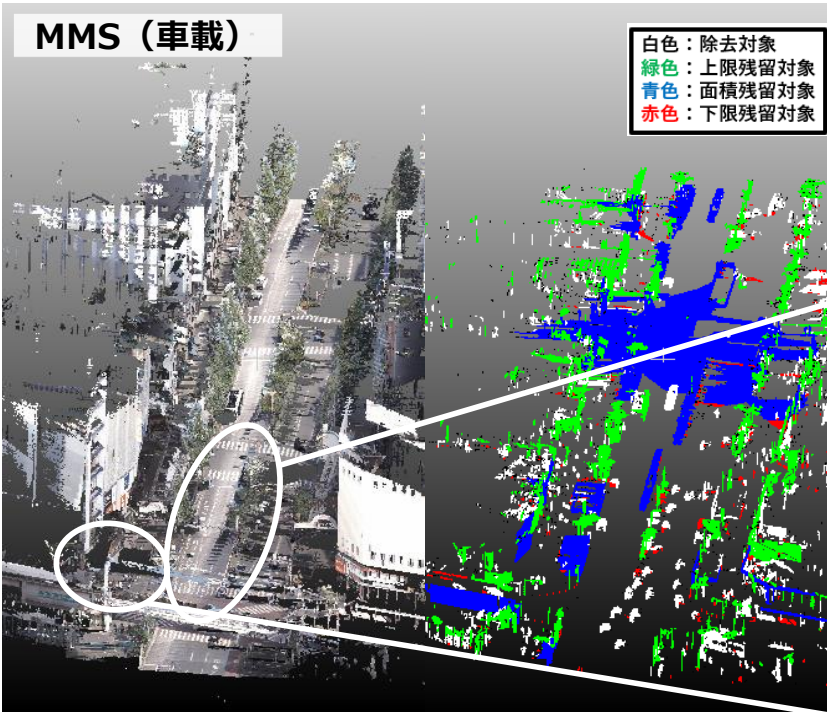
交差点付近や歩道の歩行者が概ね削除されており、車止め等の過剰除去も少なく良好な結果。

除去率84% 過剰除去：8件/250m

例1：データタイプ MMS（車載）

MMS（車載）

白色：除去対象  
 緑色：上限残留対象  
 青色：面積残留対象  
 赤色：下限残留対象



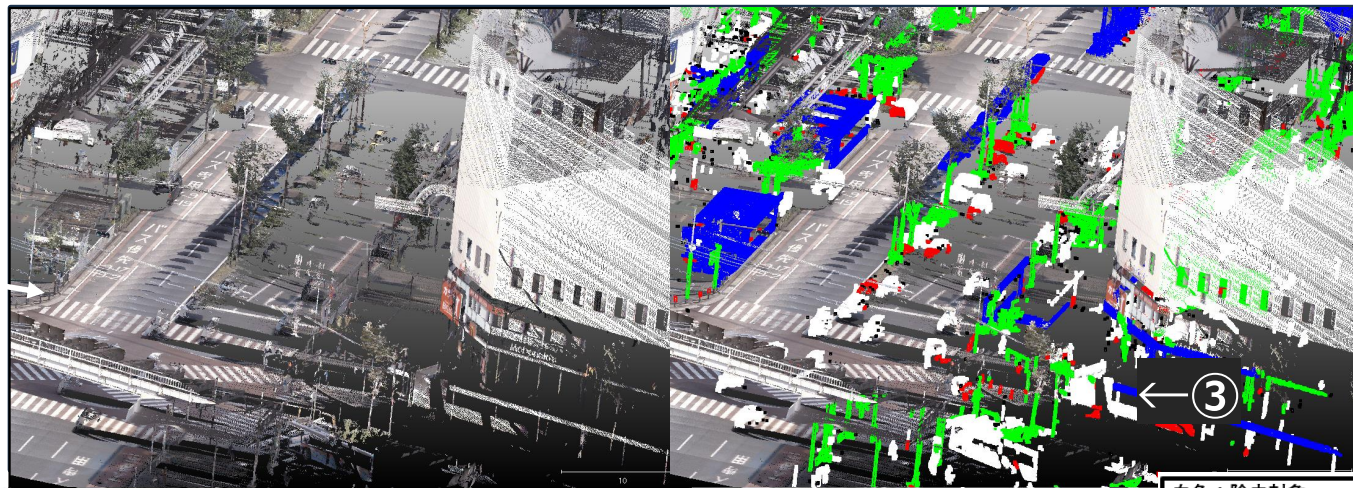
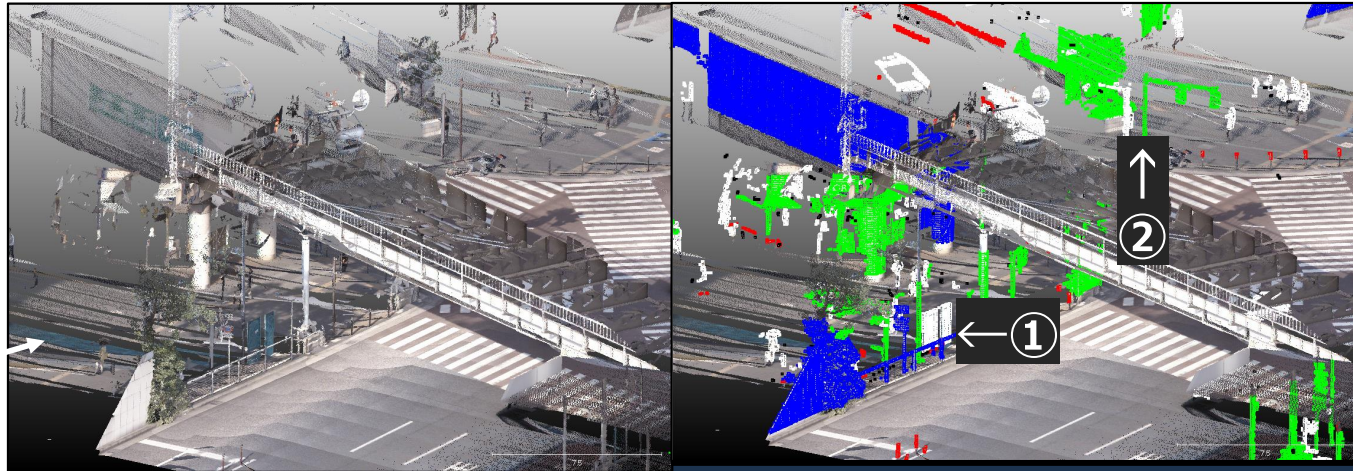
フィルタリングによる除去率

| 対象物      | 除去率         |
|----------|-------------|
| 対向車、駐車車両 | 79% (22/28) |
| 歩行者、自転車  | 88% (36/41) |

フィルタリング対象をカウントし、処理結果から除去率を計算

処理前

削除対象



白色点群：除去対象であり、以下の過剰除去が見られる  
 ①低い看板、道路脇の変圧器、②人と同じ高さ程度のポール、  
 ③低い柵 など

白色：除去対象  
 緑色：上限残留対象  
 青色：面積残留対象  
 赤色：下限残留対象

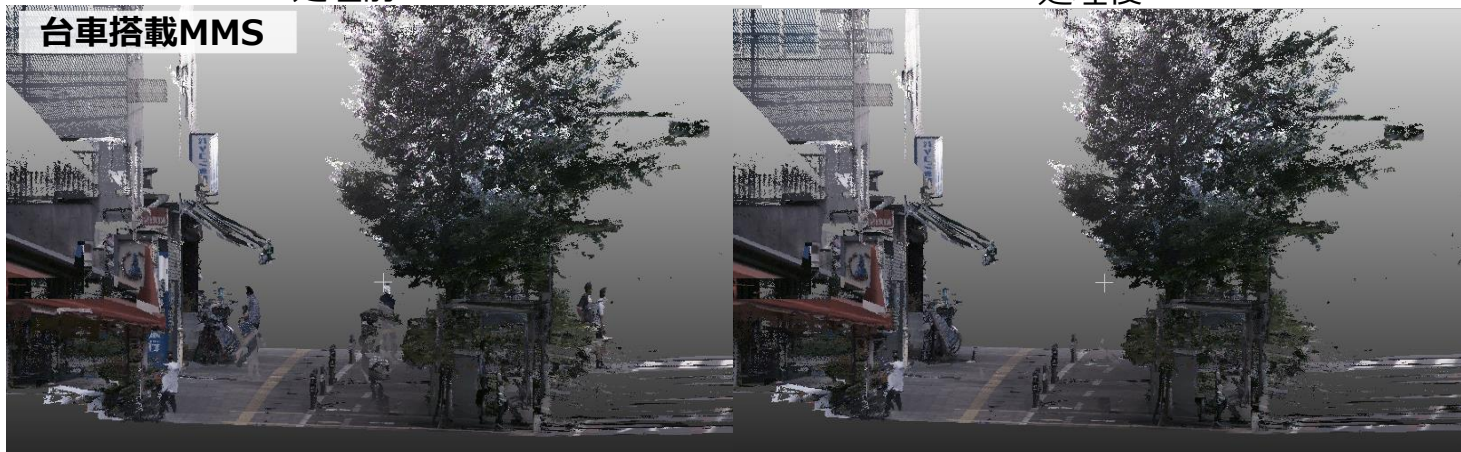


# 点群フィルタリングの評価結果

処理前

処理後

台車搭載MMS

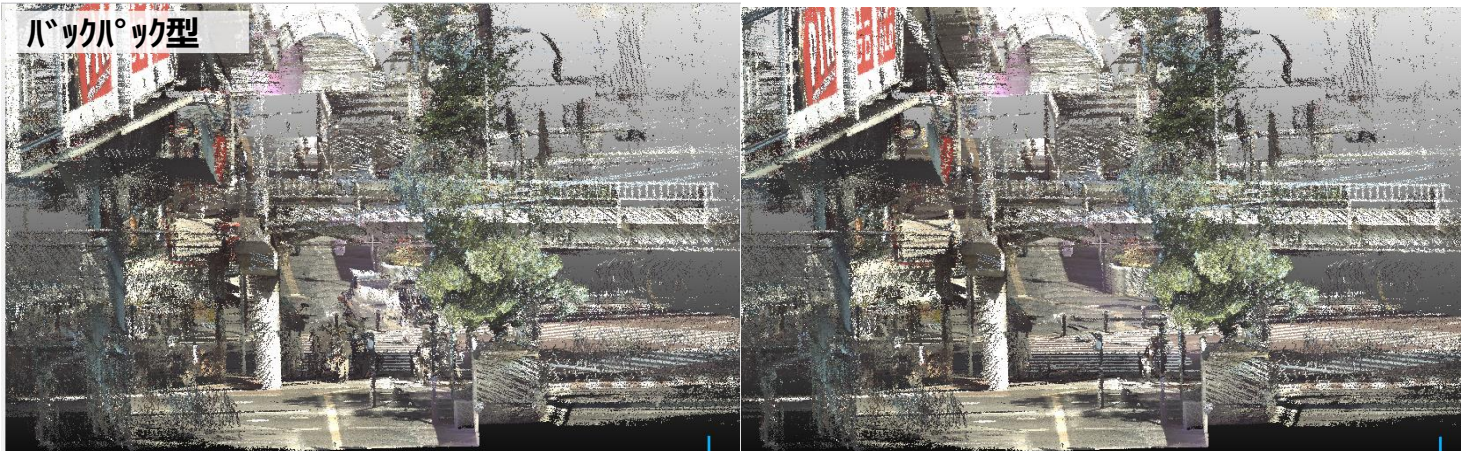


除去率88%

過剰除去 0件/25m

| 対象物      | 除去率 |
|----------|-----|
| 対向車、駐車車両 | —   |
| 歩行者、自転車  | 88% |

バックハック型



除去率95%

過剰除去 7件/120m

| 対象物      | 除去率  |
|----------|------|
| 対向車、駐車車両 | 100% |
| 歩行者、自転車  | 95%  |

地上レーザスキャナ (TLS)



除去率69%

過剰除去 5件/40m

| 対象物      | 除去率 |
|----------|-----|
| 対向車、駐車車両 | —   |
| 歩行者、自転車  | 69% |



# 点群フィルタリングの評価結果

処理前

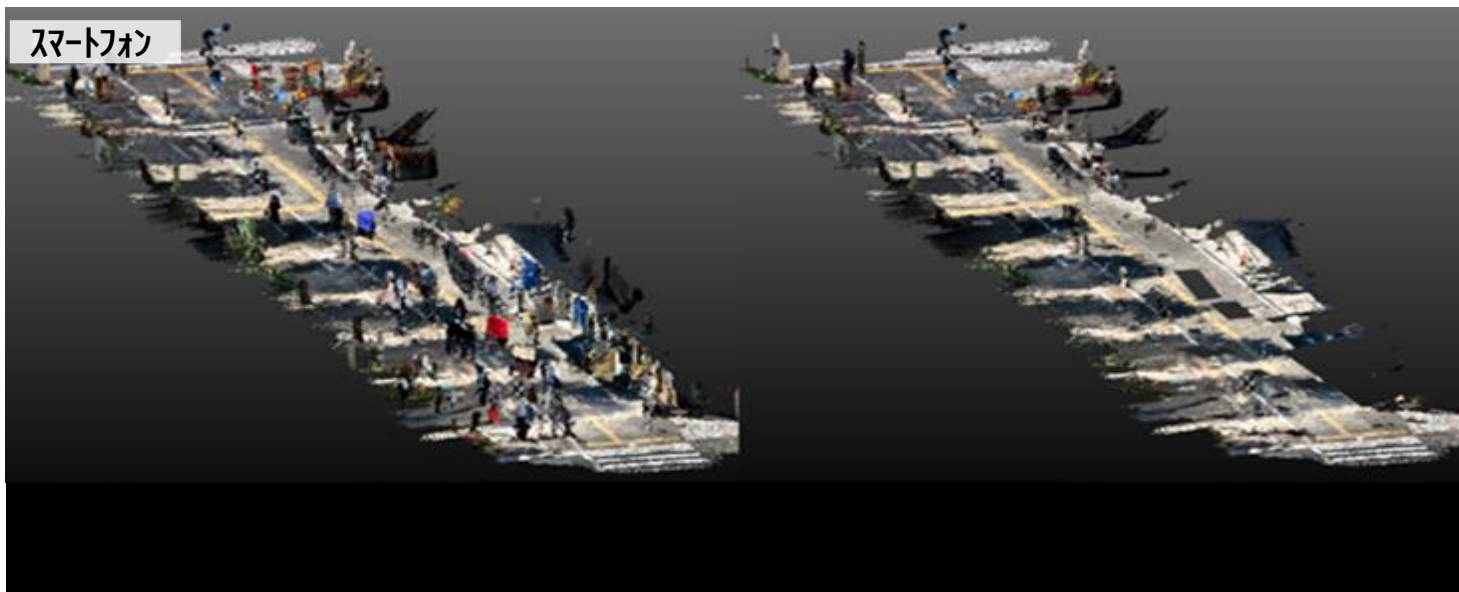
処理後



除去率95%

過剰除去 : 8件/220m

| 対象物      | 除去率 |
|----------|-----|
| 対向車、駐車車両 | 95% |
| 歩行者、自転車  | 95% |

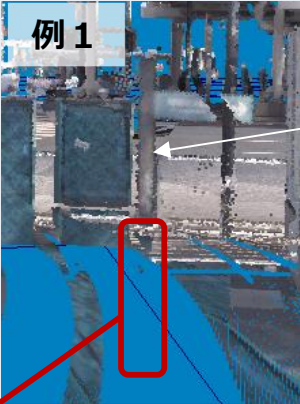
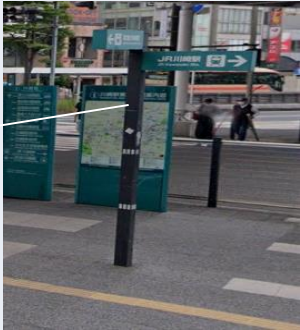



除去率82%程度

過剰除去 : 20件/60m

| 対象物      | 除去率 |
|----------|-----|
| 対向車、駐車車両 | —   |
| 歩行者、自転車  | 82% |

取得した3次元点群データを特定ルールに沿ってフィルタリングした結果、歩行者、車両で8割程度の自動フィルタリングが可能だが、除去漏れや過剰除去となる場合も存在（厳密なフィルタリングが必要な場合は人による確認が必要）。

| 過剰除去になりやすいパターン  | 除去漏れになりやすいパターン  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>① 車両、人など同程度の高さの地物（低木、ポール、ポストなど）</li> <li>② データ欠損の影響により地物の高さや路面付近では地物全体が正しく取得できていない場合（例1）</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>① 車載MMSにおいて通行車両が計測車両と並走すると車両の点群サイズが大きくなるもの（例2）</li> <li>② フィルタリング対象物の上部が欠損することで高さが低くなり、下限残留対象物となるもの</li> <li>③ 壁に沿って止められている自転車</li> </ul>  |
| <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p><b>例1</b></p>  </div> <div>  <p>案内版の足元が取得できていないため、高さの閾値でツールが対象外とできず、除去対象となってしまう</p> </div> </div> <div style="border: 2px solid red; padding: 5px; margin-top: 10px; width: fit-content;"> <p>現実には、ポールが存在するが下部が欠損</p> </div> | <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p><b>例2</b></p>  </div> <div> <p>計測車と並走する車両は間延びして3次元点群が取得され、大きな点群となる。フィルタリング対象だが、面積閾値を超えるため、フィルタリング対象と判断できない</p> </div> </div> |

## 自動フィルタリングの除去率向上のための対策

フィルタリングパラメータは人と車に対して調整したものであるが、**歩行空間においては車両が存在しない点群データも存在するため、フィルタリング対象が人のみに適したパラメータの調整を行うことにより、除去率を向上できる可能性がある。**

**その他留意事項：**道路が傾斜している点群データは、除去率が低下したため、傾斜している個所では、点群の範囲を分割したのちに、フィルタリング処理を実施することも検討する必要がある。



# 多様な3次元点群データを活用した 自己位置推定処理実証について

取得した3次元点群データを手作業及び自動処理で加工（統合、フィルタリング）し、整備した多様な3次元点群データにて、「経路設定（プランニング）への活用」、「ベースマップへの活用（自己位置推定）」の検証を実施

## 検証機体



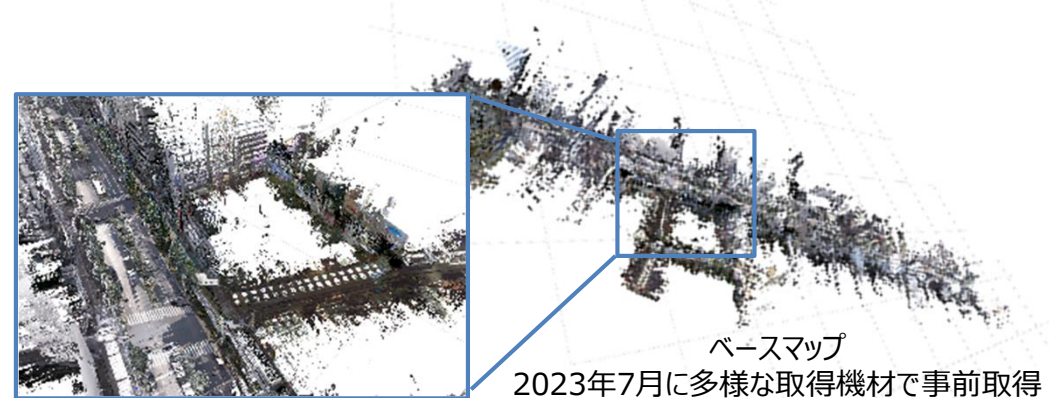
\* 画像はイメージ

|           |                                |
|-----------|--------------------------------|
| 機器分類      | 電動車椅子                          |
| 方法        | オペレータ搭乗による運転<br>(緊急時はオペレータが停止) |
| 走行距離      | 最大2km                          |
| 自己位置推定方法  | ベースマップ + SLAM                  |
| SLAM種類    | LiDAR SLAM                     |
| LiDAR型番   | Livox Mid-360                  |
| LiDAR計測距離 | 40m                            |
| その他搭載センサー | IMU                            |
| 備考        | 走行時にリアルタイムで自己位置推定の情報をPC画面上に表示  |

## 走行実証経路



他2経路



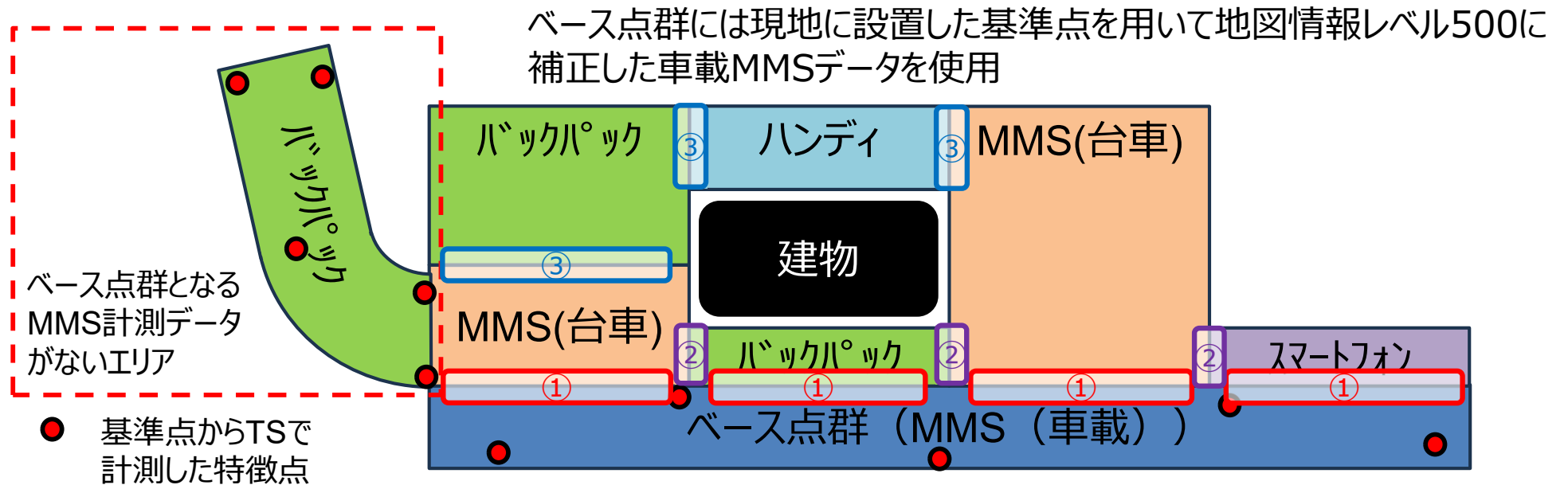
ベースマップ  
2023年7月に多様な取得機材で事前取得

# 走行実証に向けて整備した3次元点群データ



走行実証に向けて整備した点群データは多様なセンサーで取得した点群を統合するとともに位置合わせを実施。

ベース点群データが近くにないエリアについては、トータルステーション（以下、TS）で取得した特徴点を基準に3次元点群データの位置調整を行い、統合処理を実施。



凡例：統合

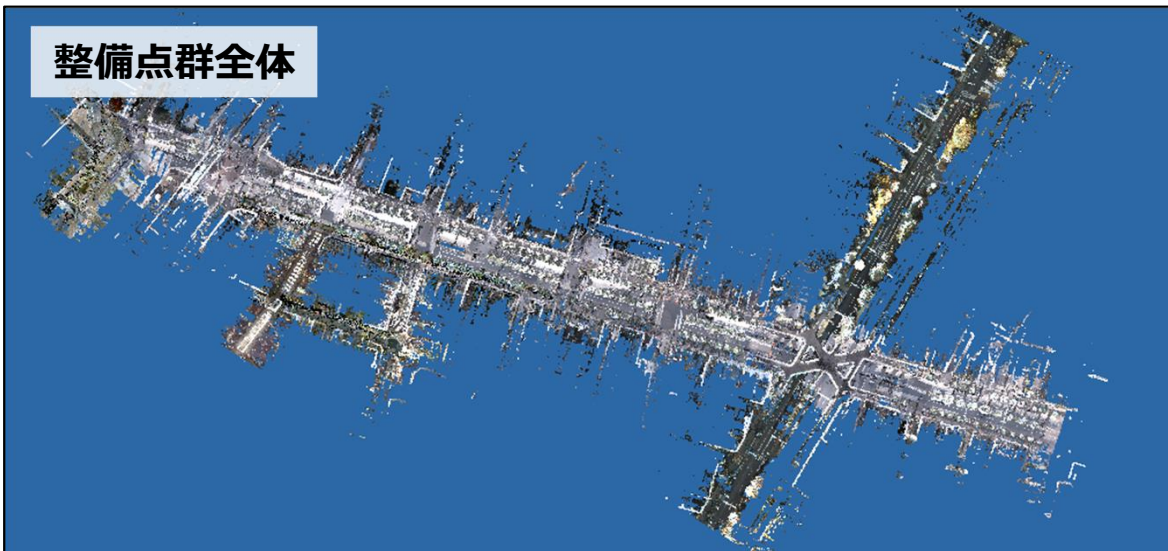
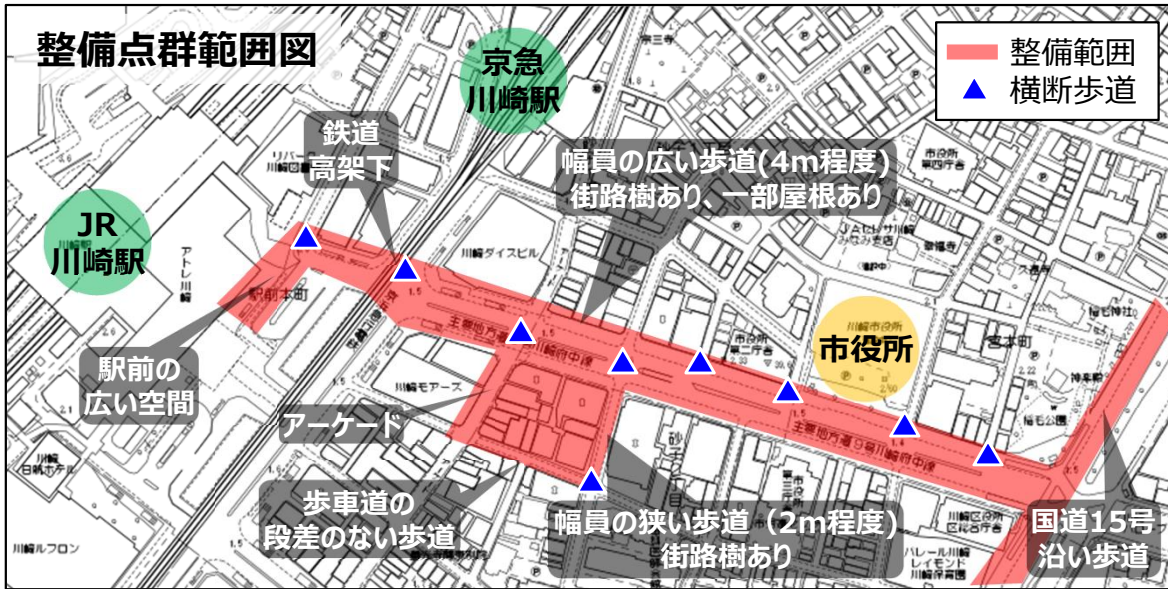
- ① ベース点群と各センサーで取得した点群の統合
- ② 各センサーで取得した点群間の統合
- ③ ベース点群から離れた部分での各センサーの点群データを統合



# 走行実証に向けて整備した3次元点群データ



JR川崎駅から川崎市役所へ向かう歩道上で、様々な歩行空間を考慮し、3つの経路を設定。多様な3次元点群データを活用した自己位置推定処理実証に向けて、統合点群データを整備。



経路1



経路2



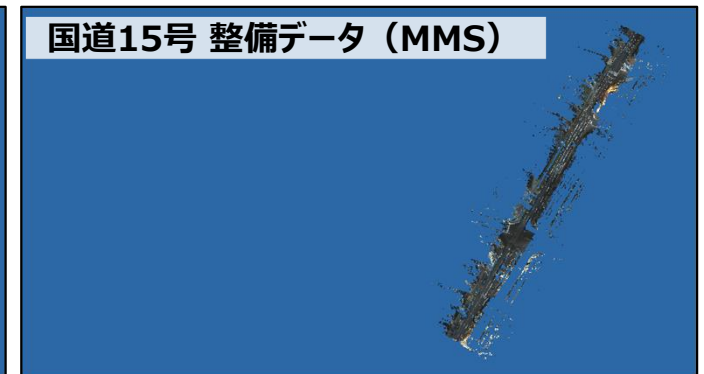
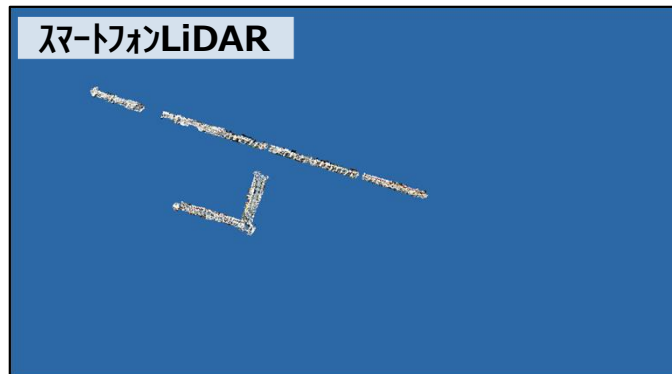
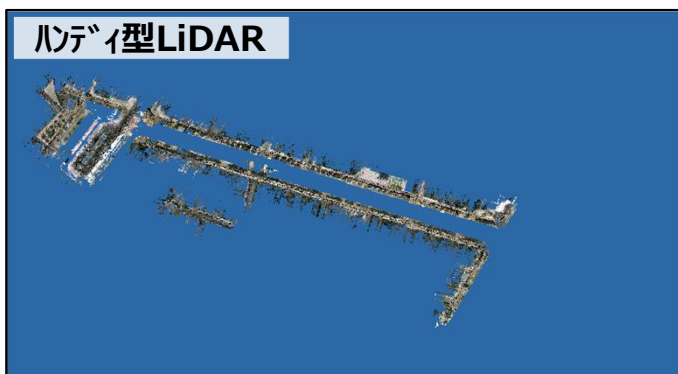
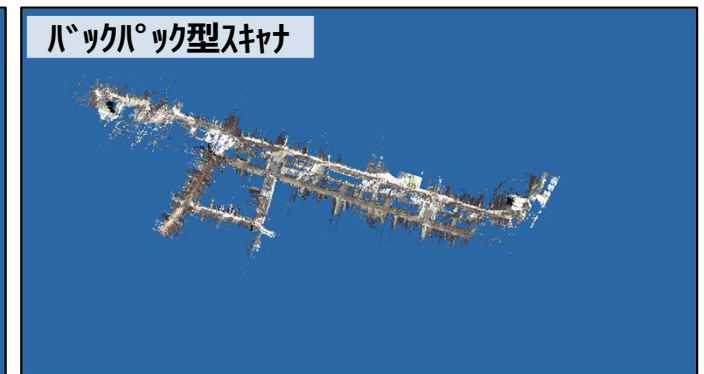
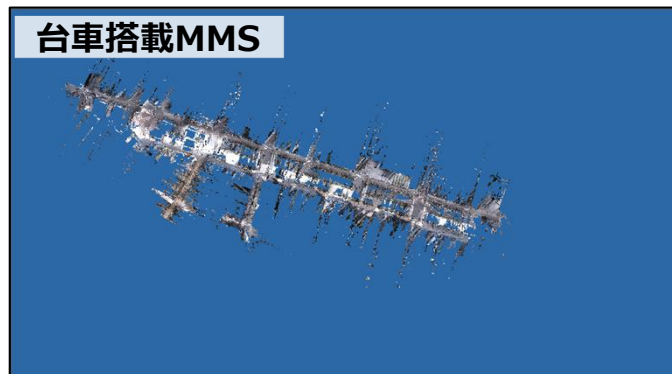
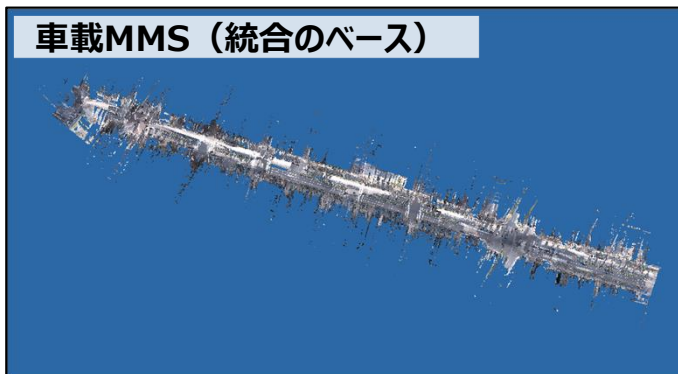
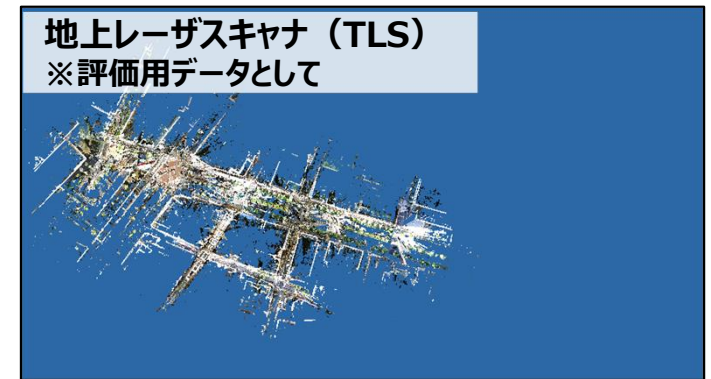
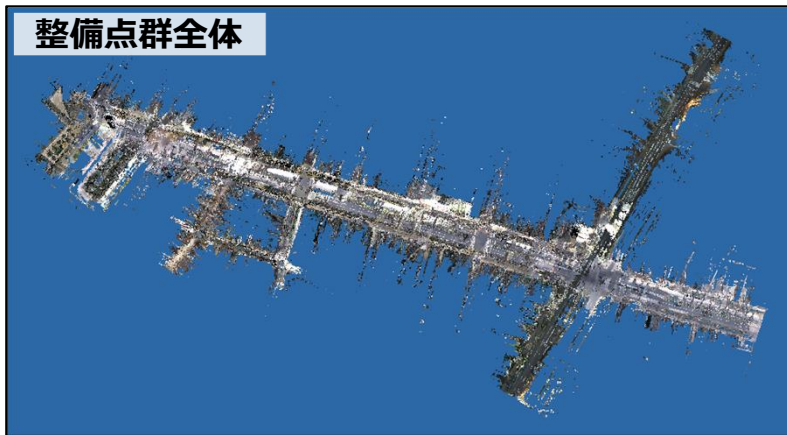
経路3





# 走行実証に向けて整備した3次元点群データ

整備点群全体はベース点群にその他のセンサーで取得した点群データを統合。  
地上レーザスキャナで取得した点群を評価用のデータとして使用。



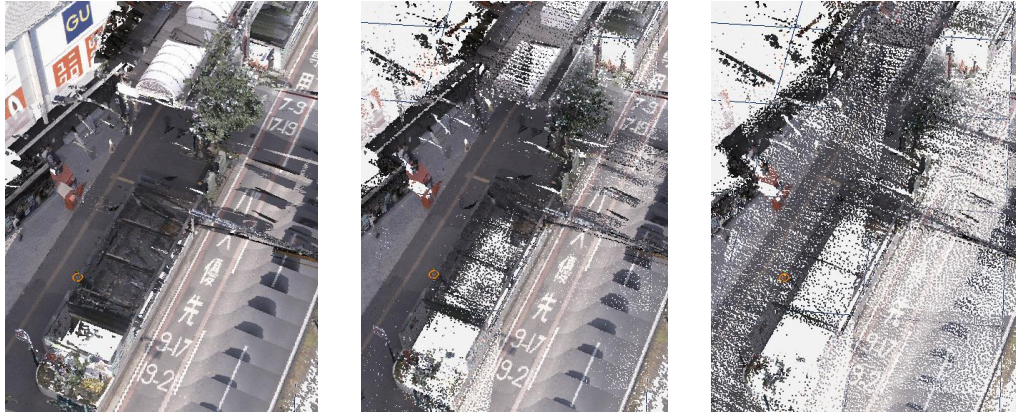


# 走行実証の検証観点



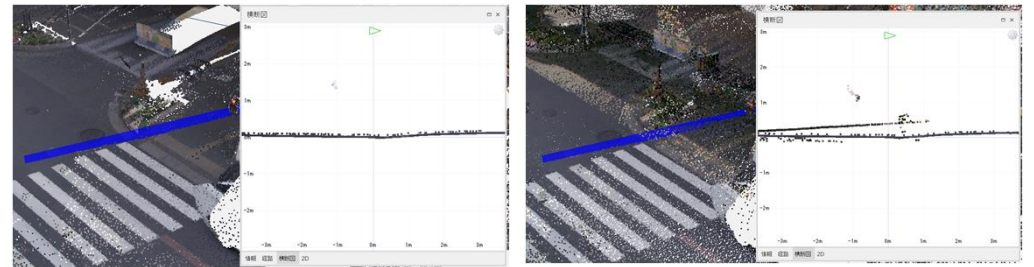
5つの検証観点（①点群密度、②ベースマップの整備範囲、③3次元点群データの統合精度、④取得センサー、⑤センサーの取得間隔が自己位置推定に及ぼす影響）を設定し、多様な3次元点群データで作成したベースマップを用いた自己位置推定実証を実施

## 点群密度



**高密度** (数千点~1万点超/m<sup>2</sup>)      **中密度** (400点/m<sup>2</sup>程度)      **低密度** (100点/m<sup>2</sup>程度)

## 統合精度



高精度（手動補正）

低精度（ツールのみの補正）

## ベースマップの整備範囲



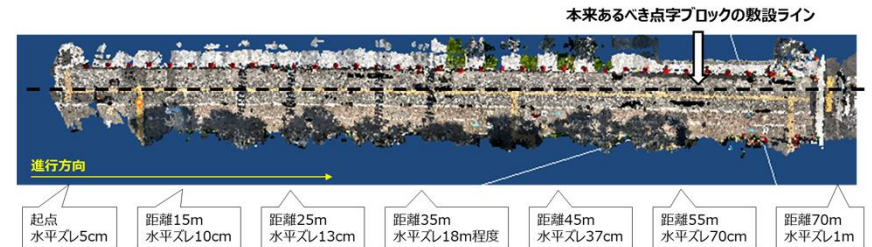
**広範囲**  
反対車線の歩道面や  
路面付近の壁有り

**中範囲**  
反対車線の歩道面や  
路面付近の壁無し

**狭範囲**  
建物の壁などが  
存在しない

← 検証機体走行経路

## センサーの取得間隔が自己位置推定に及ぼす影響

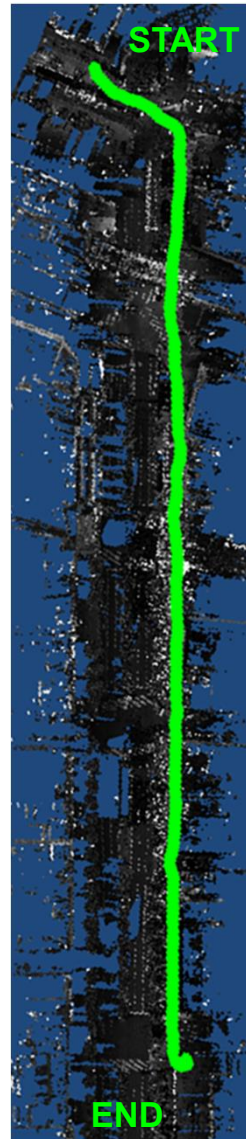


スマートフォンLiDAR、ハンディLiDARは累積誤差が大きくなりやすい。

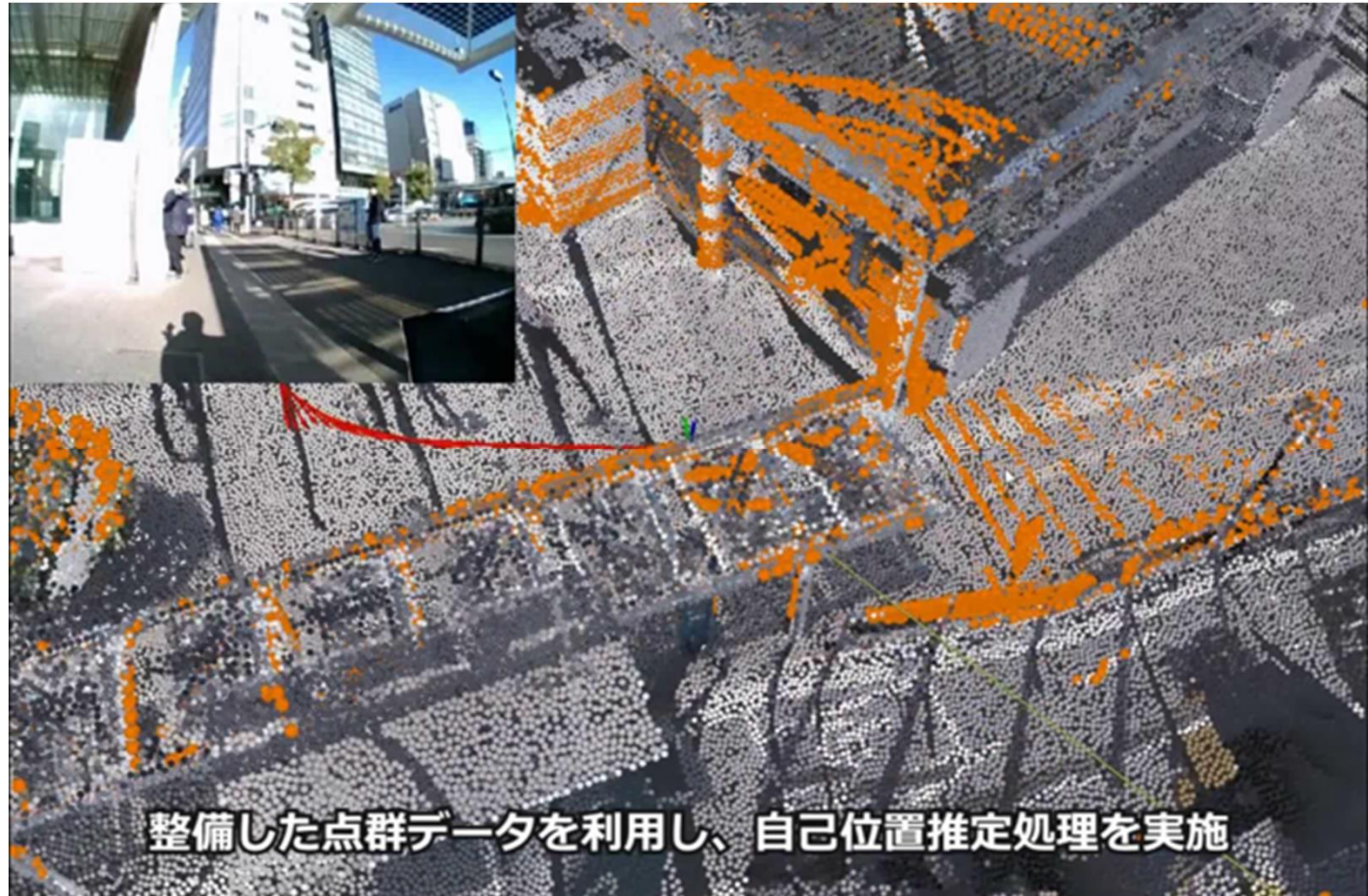


# 走行実証の結果

【成功事例】 問題なく自己位置推定処理できたケース（低密度、中範囲、高精度のベースマップ）



工事でデータ取得時と異なる環境が発生したが位置を見失わず自己位置推定処理できた（較差20cm未満）

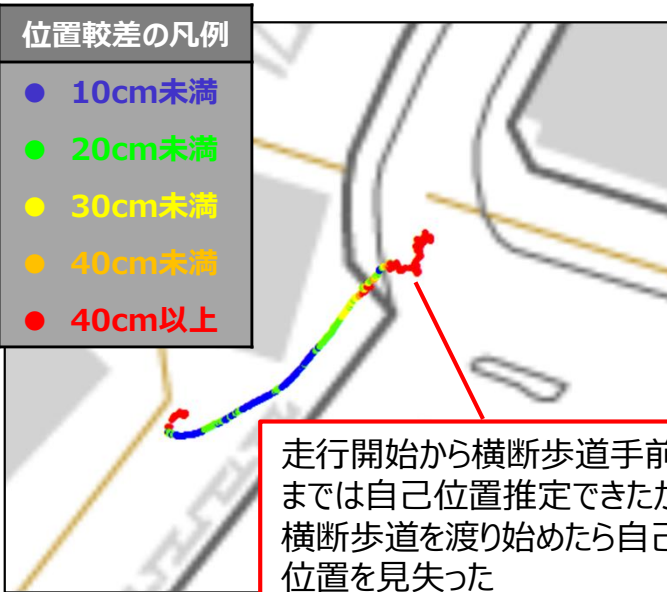
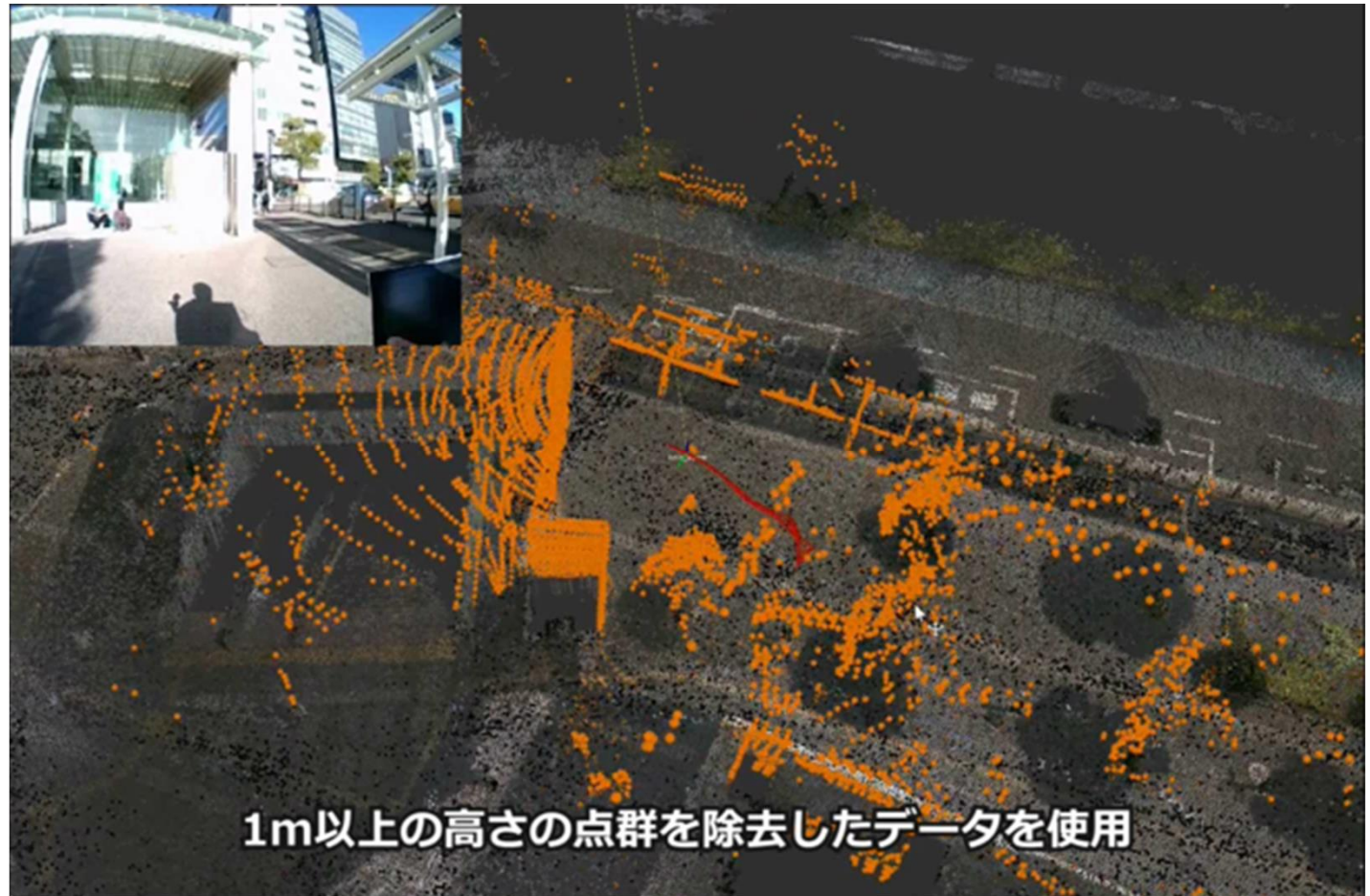
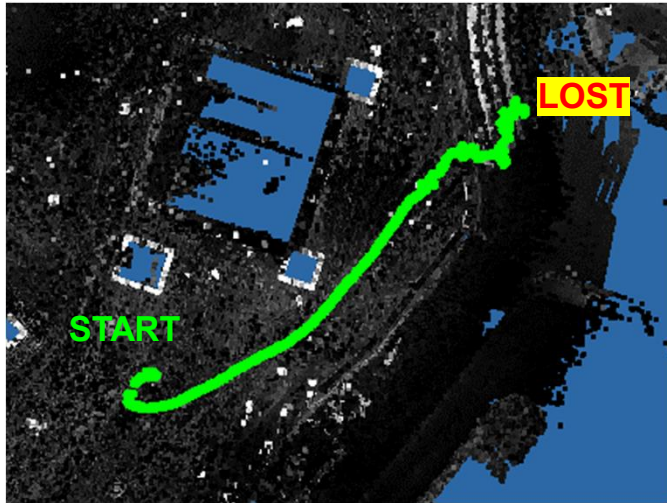


ロボットの走行ログを用いて、地上レーザスキャナ（TLS）の点群マップで計算した自己位置（正解）と、整備した点群マップで計算した自己位置の水平位置の較差をプロットした図。



# 走行実証の結果

【失敗事例】 自己位置推定ができなかったケース（低密度、狭範囲、高精度のベースマップ）

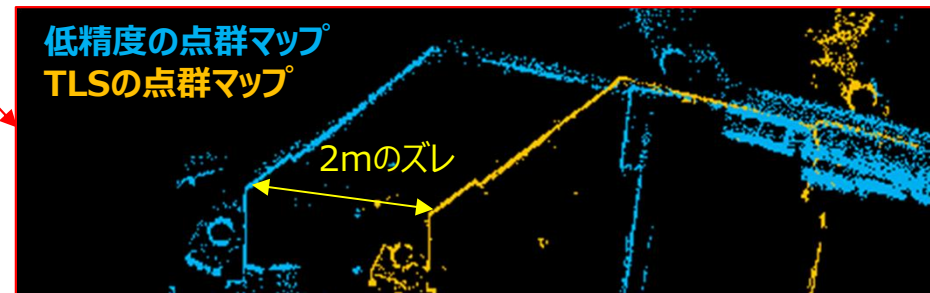
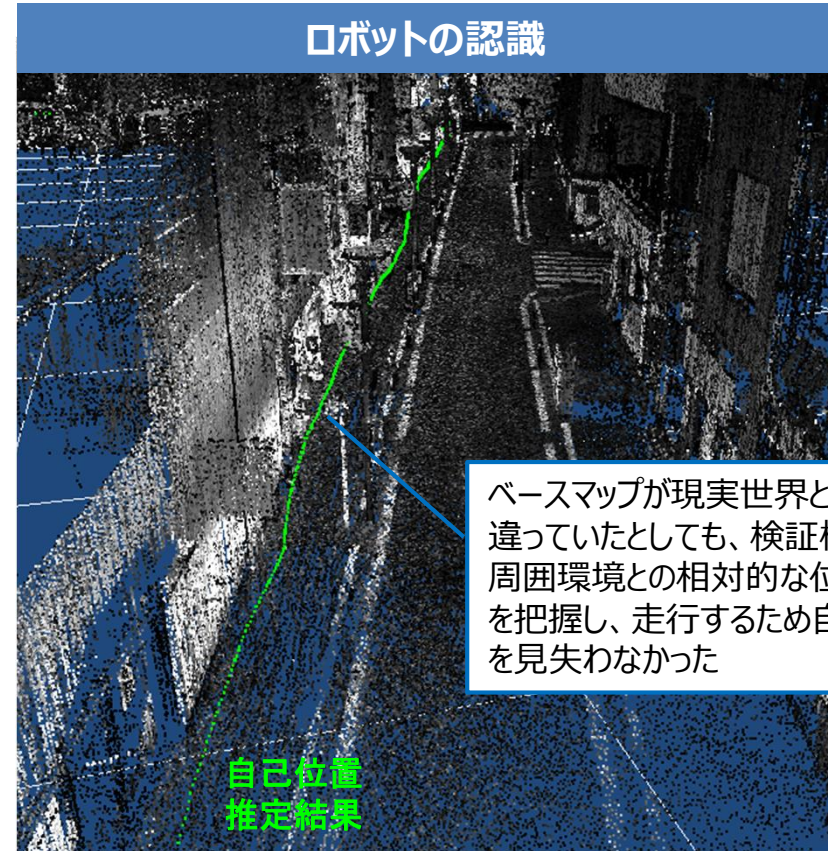
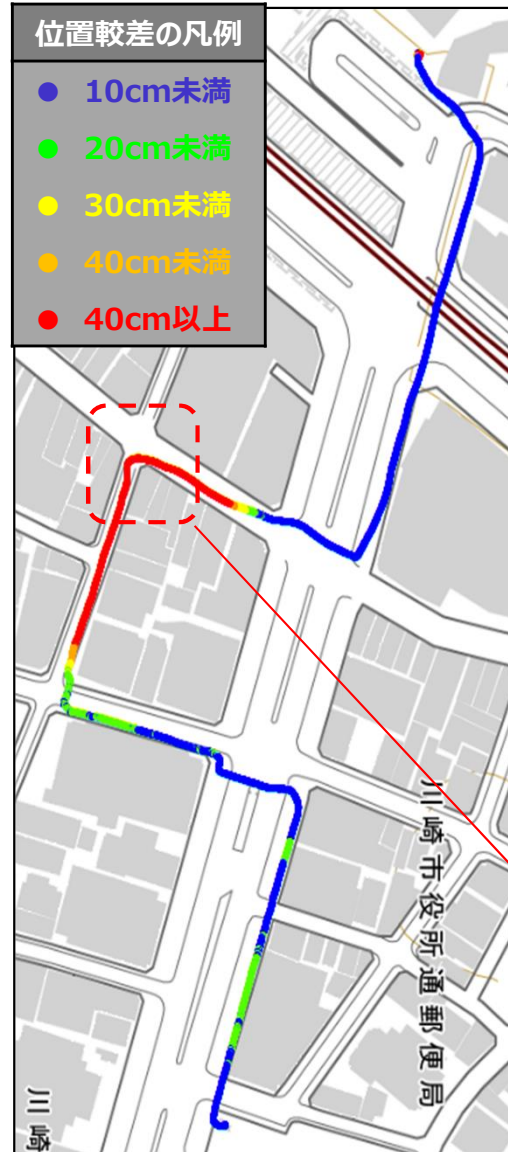
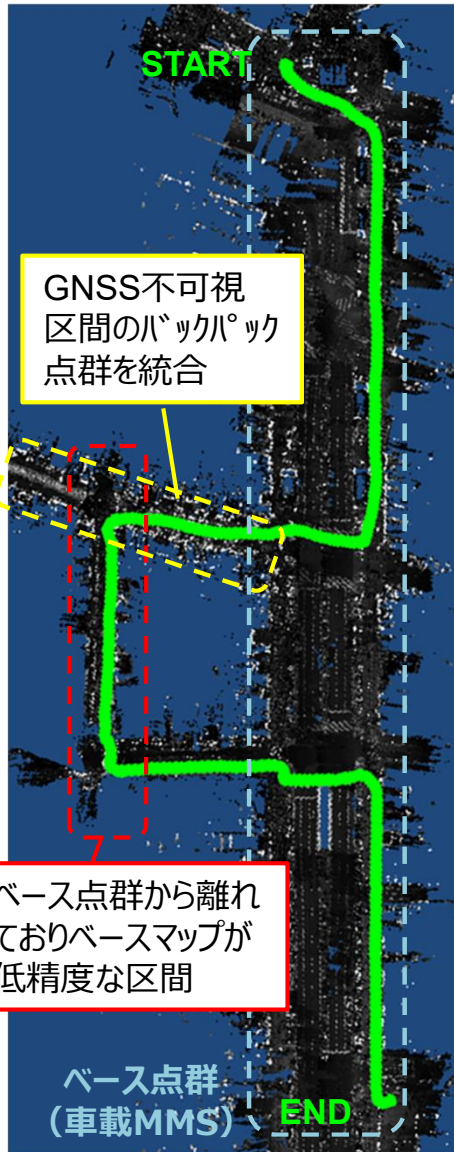


ロボットの走行ログを用いて、地上レーザスキャナ（TLS）の点群マップで計算した自己位置（正解）と、整備した点群マップで計算した自己位置の水平位置の較差をプロットした図。



# 走行実証の結果

【成功事例】 マップの位置ズレがあっても自己位置推定できたケース（低密度、広範囲、中精度）

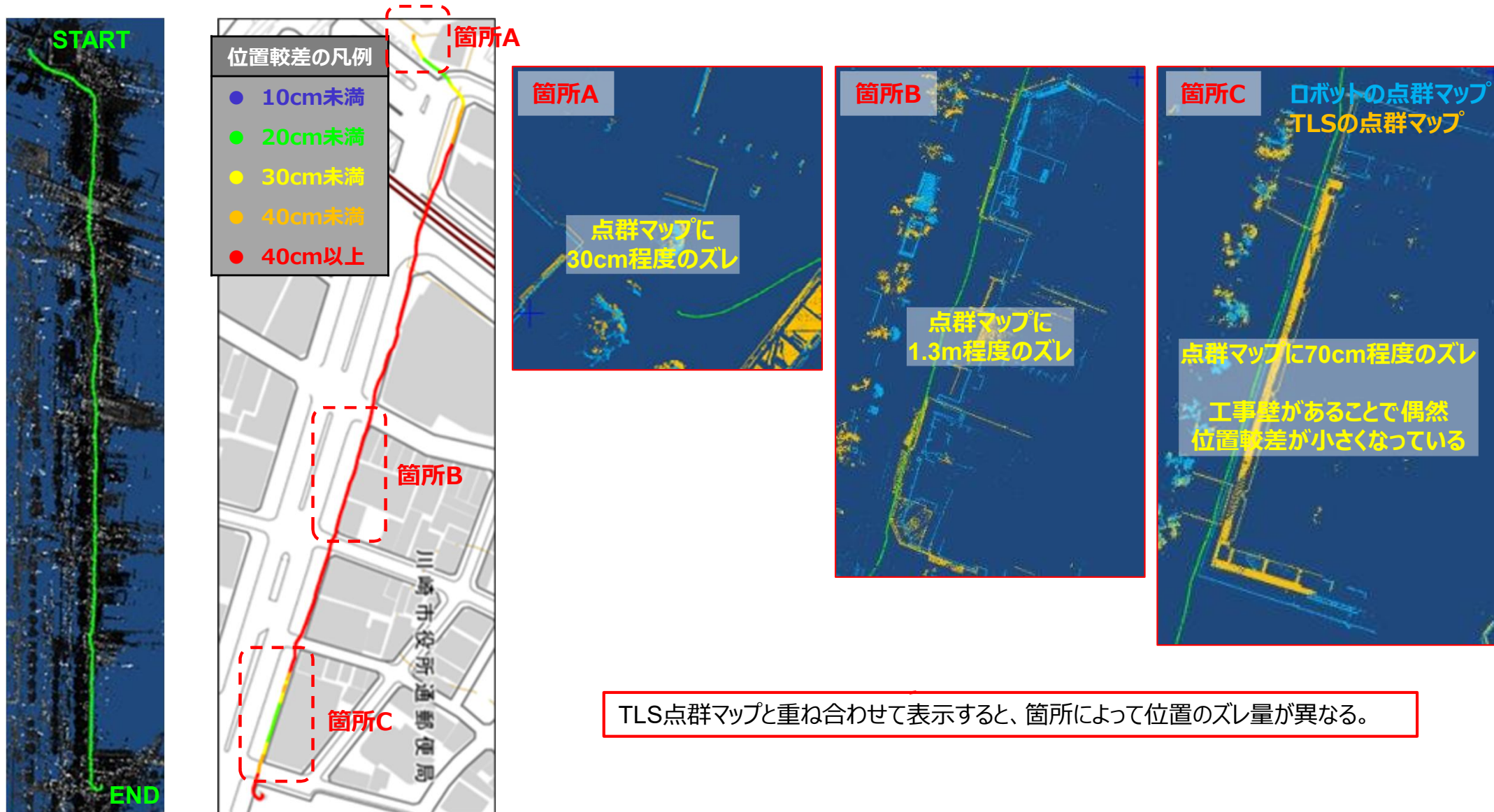


ロボットの走行ログを用いて、地上レーザスキャナ（TLS）の点群マップで計算した自己位置（正解）と、整備した点群マップで計算した自己位置の水平位置の較差をプロットした図。



# 走行実証の結果

ロボットの走行ログデータから生成した点群マップで自己位置推定した結果



ロボットの走行ログを用いて地上レーザスキャナ（TLS）の点群マップで計算した自己位置（正解）と、ロボット事業者の作成した点群マップで計算した自己位置の水平位置の較差をプロットした図。



# 走行実証の結果



走行実証の結果、ロボットが自己位置推定に利用するベースマップの点群データには、点群密度は低密度が最適と考えられる。統合精度は低精度でも自己位置推定処理は可能と考えられるが、ベースマップ範囲は中範囲以上が必要。

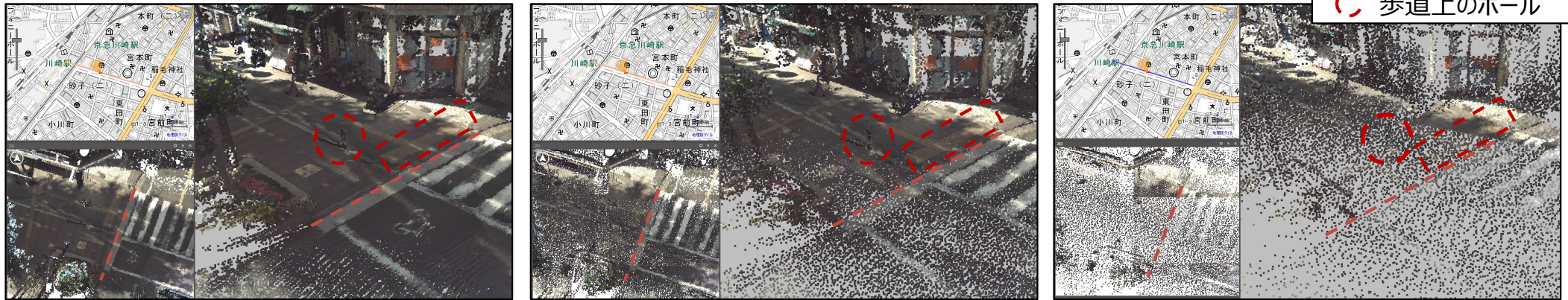
| No | 検証ケース名        | 点群密度 | ベースマップ範囲 | 統合精度 | センサー                                | 結果   |
|----|---------------|------|----------|------|-------------------------------------|--|
| 1  | 低密度、狭範囲       | 低密度  | 狭範囲      | 高精度  | MMS(車載、台車)、バックパック、ハンディ、スマートフォン      | × 整備範囲が狭く、走行後、自己位置推定処理が破綻  |
| 2  | 低密度、中範囲       | 低密度  | 中範囲      | 高精度  | MMS(車載、台車)、バックパック、ハンディ、スマートフォン      | ○ 問題なく自己位置推定処理を実施  |
| 3  | 低密度、広範囲       | 低密度  | 広範囲      | 高精度  | MMS(車載、台車)、バックパック、ハンディ、スマートフォン      | ○ 問題なく自己位置推定処理を実施  |
| 4  | 低密度、中精度       | 低密度  | 広範囲      | 中精度  | MMS(車載、台車)、バックパック、ハンディ              | ○ 問題なく自己位置推定処理を実施  |
| 5  | 低密度、低精度       | 低密度  | 広範囲      | 低精度  | MMS(車載、台車)、バックパック、ハンディ              | ○ 問題なく自己位置推定処理を実施  |
| 6  | 低密度、中精度、広～狭範囲 | 低密度  | 広～狭範囲    | 中精度  | MMS(車載、台車)、バックパック、ハンディ、スマートフォン      | ○ 問題なく自己位置推定処理を実施  |
| 7  | 中密度、高精度       | 中密度  | 広範囲      | 高精度  | MMS(車載、台車)、バックパック、ハンディ、スマートフォン      | △ 処理PCのリソースが不足したため、一部設定を変更し、自己位置推定処理を実施。(ハイスペックPCが必須)  |
| 8  | 中密度、低精度       | 中密度  | 広範囲      | 低精度  | MMS(車載、台車)、バックパック、ハンディ、スマートフォン      | △ 処理PCのリソースが不足したため、一部設定を変更し、自己位置推定処理を実施。(ハイスペックPCが必須)  |
| 9  | 高密度点群確認       | 高密度  | 広範囲      | 高精度  | MMS(車載、台車)、バックパック、ハンディ、スマートフォン      | × 点群データのデータサイズが大きく、読込ができない。  |
| 10 | 取得可能な範囲       | 低密度  | 中～狭範囲    | 高精度  | MMS(車載)、ハンディ、スマートフォン                | ○ No.1の結果を踏まえ、自己位置推定には壁面等の点群が必要。MMS等のベース点群で壁面等を取得できていれば、補完する点群はスマートフォン等の狭範囲かつ累積誤差を生じやすいセンサーでも活用できる可能性がある |
| 11 | 既存MMSデータの活用   | 低密度  | 広範囲      | 高精度  | MMS(既存車載、車載、台車)、バックパック、ハンディ、スマートフォン | ○ 問題なく自己位置推定処理を実施  |



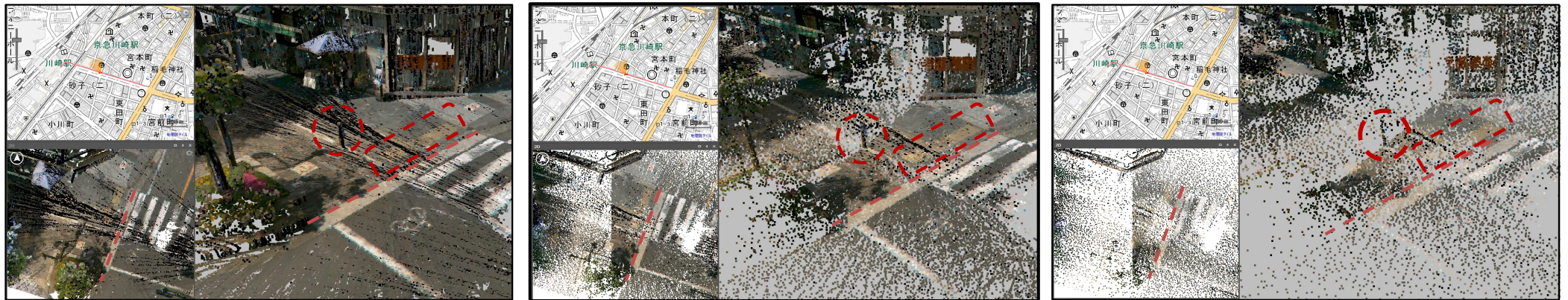
# 経路設定(プランニング)への活用検討

3次元点群データを利用した経路設定においては、道路と歩道の境界や点字ブロックなどを視認できる必要があり、中密度程度の点群データがあれば、歩行空間の状況を把握できるため、経路設定に活用できる可能性がある。

## バックパック型レーザスキャナ



## ハンディLiDAR



**高密度点群**  
(数千点~1万点超/m<sup>2</sup>)

**中密度点群**  
(400点/m<sup>2</sup>程度)

**低密度点群**  
(100点/m<sup>2</sup>程度)

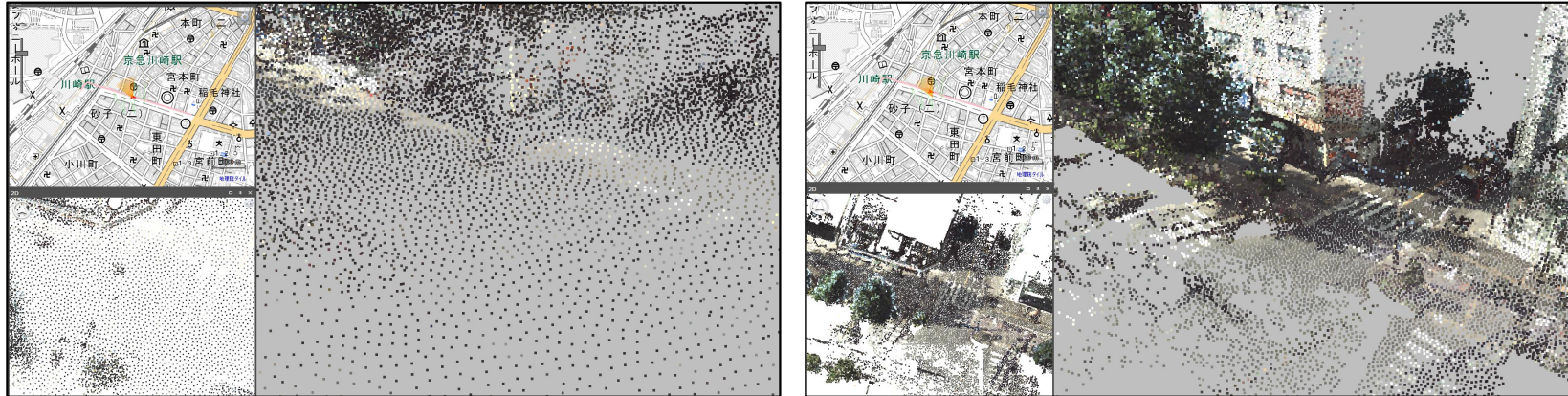


# 経路設定(プランニング)への活用検討

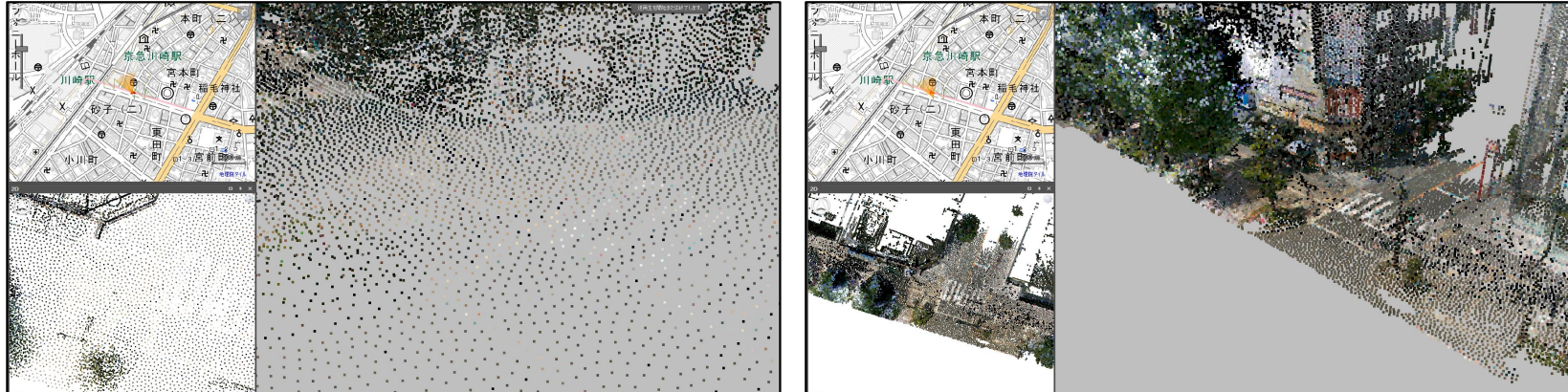


点群の密度を50点/m<sup>2</sup>程度まで減らすと、現地の状況がわからないため、3次元点群データを経路設定に活用することが困難と考えられる。

バックパック型レーザスキャナ (50点/m<sup>2</sup>)



ハンディLiDAR (50点/m<sup>2</sup>)



3次元点群データの点群密度が50点/m<sup>2</sup>まで低下すると横断歩道や点字ブロックの存在を広域から確認することはできるが、**道路と歩道の境界や点字ブロックの視認が難しく、経路設定時に自動走行ロボットの適切な停止位置の設定などが難しい。**



# 自動配送ロボット等の走行に必要なデータ整備の要件(案)



走行実証の結果及び本ワーキンググループ構成員のロボット事業者へのヒアリングを踏まえ点群データに求められる要件を整理。

| 検証観点                   | 経路設定に必要な要件  | 自己位置推定処理に必要な要件   |
|------------------------|---|--|
| 点群密度                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>中密度（400点/m<sup>2</sup>程度）以上が適している</b></li> <li>• 低密度の点群で識別しづらい車歩道の境界等の情報は、現地確認などの対応が別途必要</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>低密度（100点/m<sup>2</sup>程度）が適している</b></li> <li>• 密度の高い3次元点群データを扱うには、高スペックPCが必要</li> </ul>            |
| ベースマップの整備範囲            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>中範囲以上が必要</b></li> <li>• GNSSを搭載するロボットは衛星電波の遮蔽状況を確認するため天井、屋根が取れていると良い</li> </ul>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>中範囲以上が適している</b></li> <li>• 自己位置推定を行うには一定以上の高さの立体形状が必要（一部の欠損は許容するが、広範囲の欠損は処理が破綻する可能性がある）</li> </ul> |
| 3次元点群データの統合精度          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 複数点群の統合の結果、壁と点字ブロック等の相対位置が間違っている場合は適さない</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 低精度でも自己位置推定処理は可能</li> <li>• <b>相対精度に大きな矛盾がないこと</b></li> <li>• 2～3cm程度の統合誤差で滑らかに点群間がつながると良い</li> </ul> |
| 取得センサー                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• スマートフォンのデータは取得範囲が狭く、壁面の低いところの点群しかないため、他のセンサーとの統合によって補完することが必要</li> </ul>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• スマートフォンのデータは取得範囲が狭く、壁面の低いところの点群しかないため、他のセンサーとの統合によって補完することが必要</li> </ul>                              |
| センサーの取得間隔が自己位置推定に及ぼす影響 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 短い間隔で誤差が生じやすいスマートフォンのデータは扱いに注意が必要</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 整備した範囲においては自己位置推定処理は実施可能</li> </ul>   |

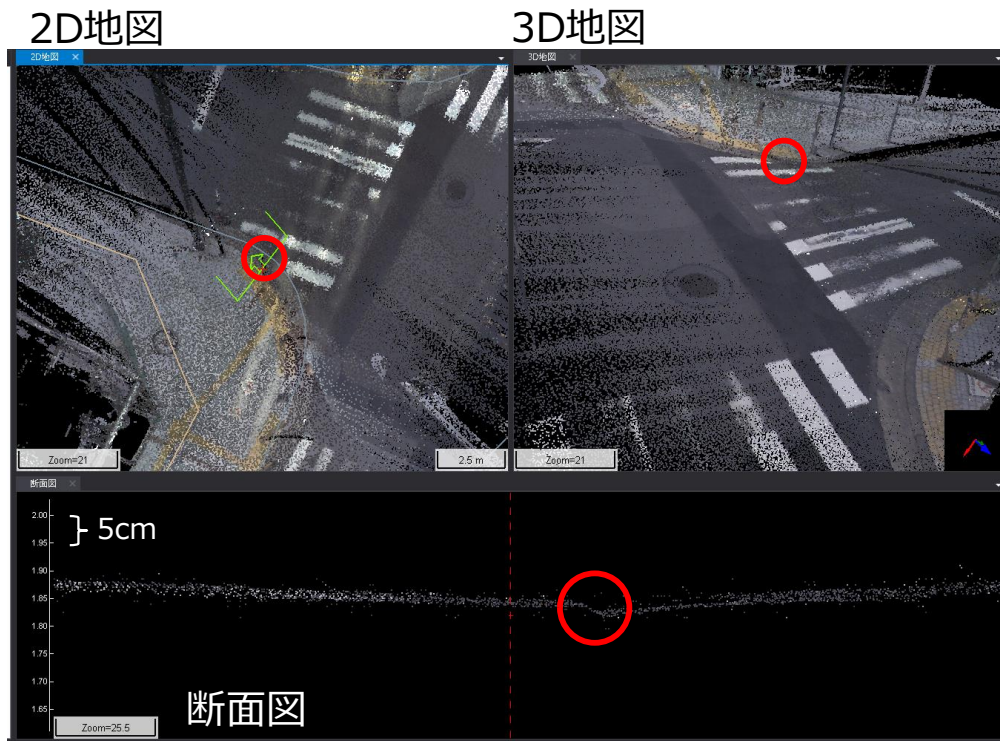
# 多様な3次元点群データを活用した バリア情報の抽出について



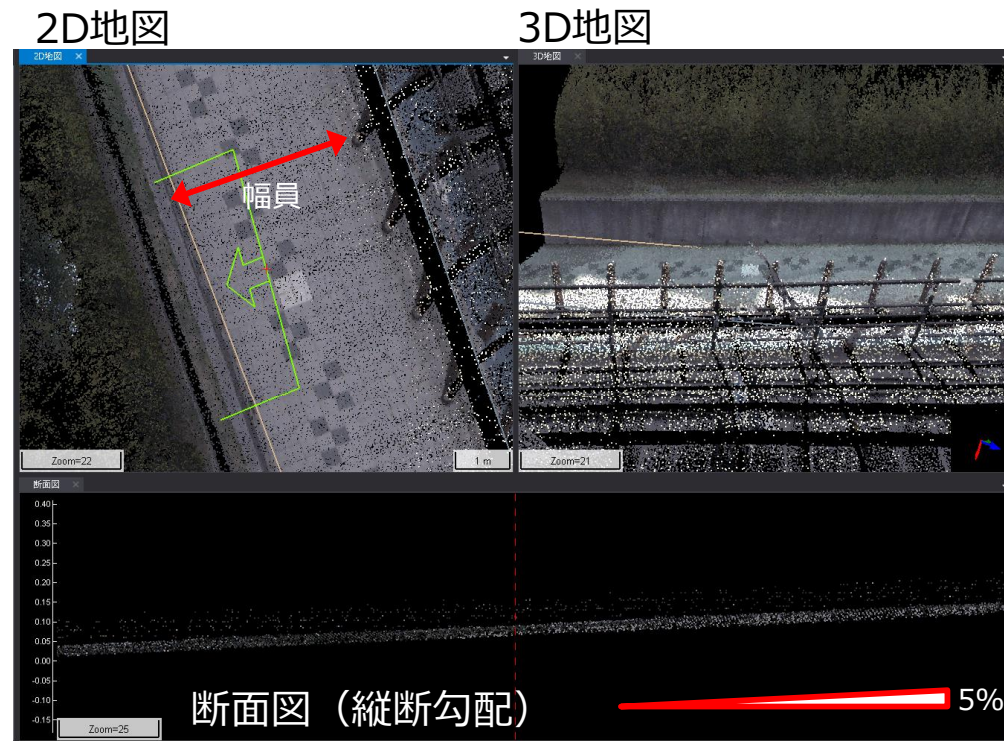
# 3次元点群からのバリア情報等の自動抽出の試行



移動円滑化データWGで検討中の「歩行空間ネットワークデータ整備システム(3D)」にて、3次元点群データからのバリア情報等の自動抽出を試行。



段差の例



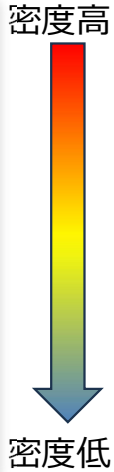
幅員・勾配の例



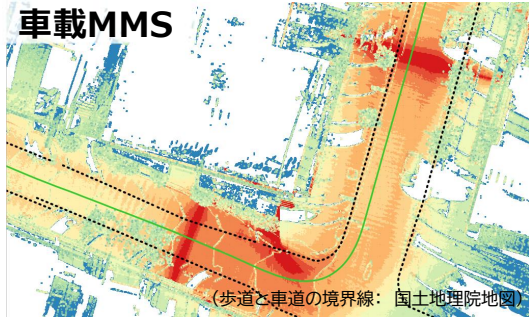
# 3次元点群の点群密度と高さのバラつき状況例



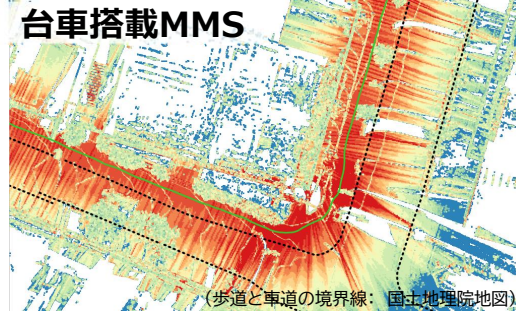
## 点群密度 凡例 (/m<sup>2</sup>)



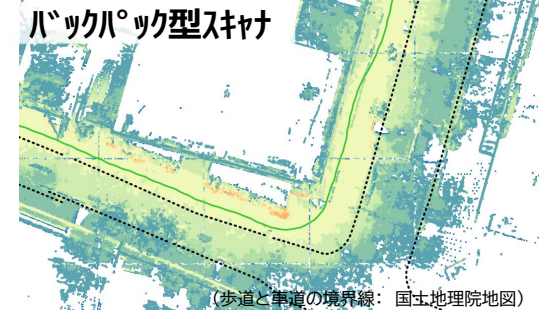
車載MMS



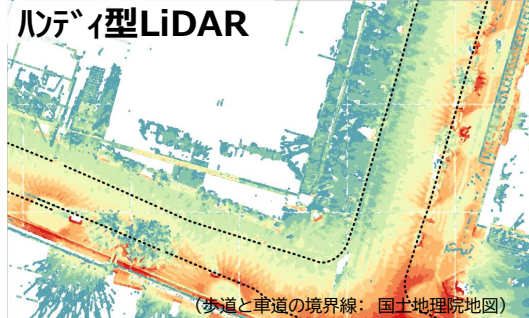
台車搭載MMS



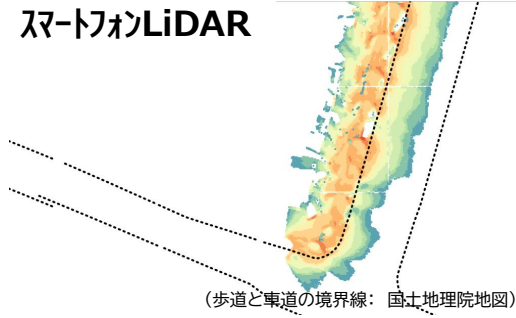
バックパック型スキャナ



ハンディ型LiDAR

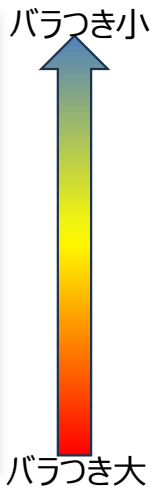
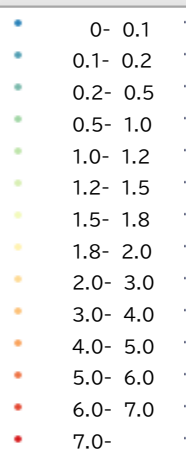


スマートフォンLiDAR

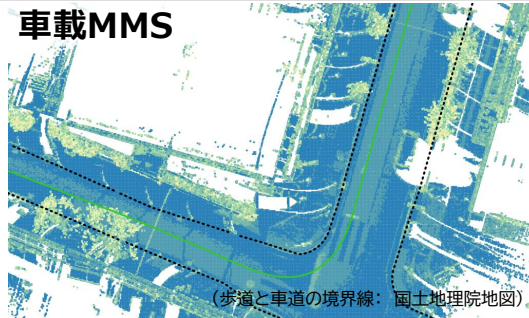


- 全ての機材で共通して、計測位置近くの点群密度は高い
- バックパック、スマートフォンは1回で取得できる点群の範囲が狭い
- 車載及び台車搭載MMSは、点群密度が高く、高さのバラつきが小さいため歩行空間の精緻な点群を取得

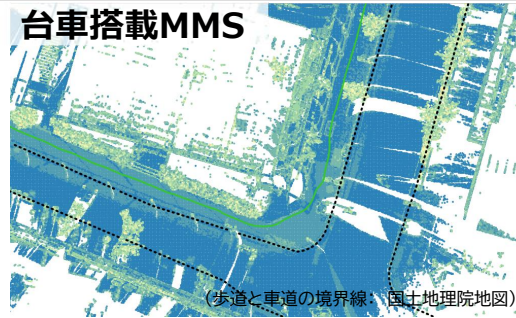
## 高さのバラつき 凡例 (cm)



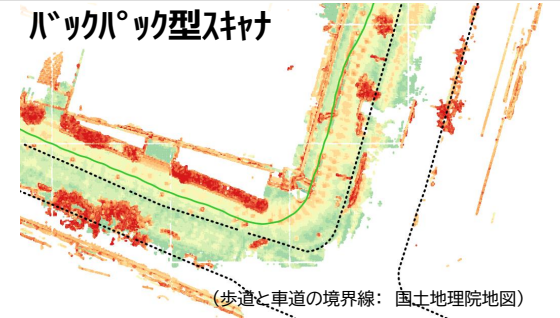
車載MMS



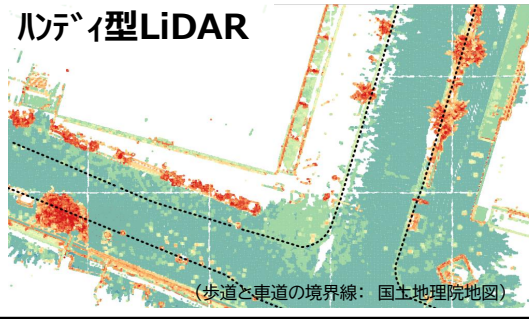
台車搭載MMS



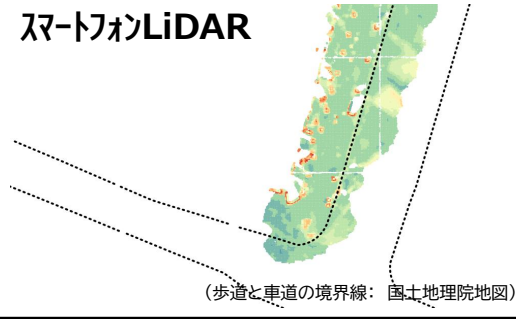
バックパック型スキャナ



ハンディ型LiDAR



スマートフォンLiDAR

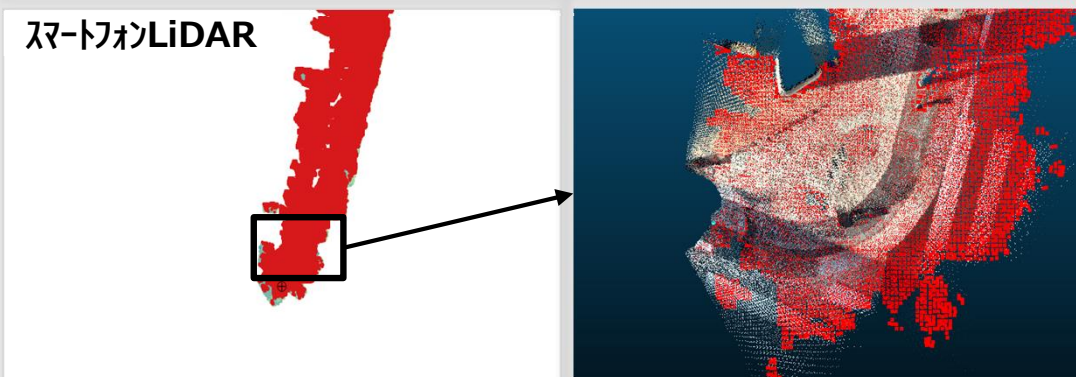
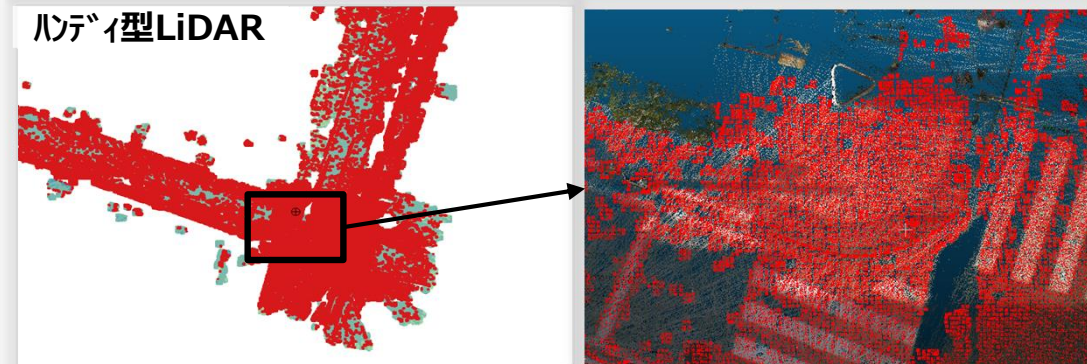
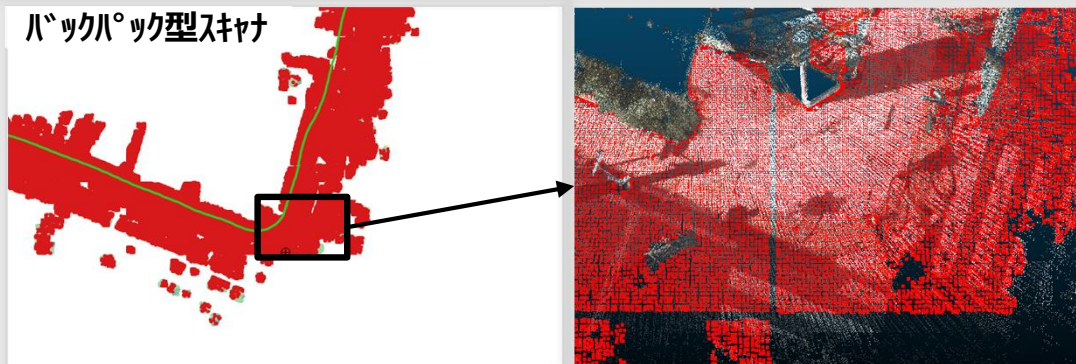
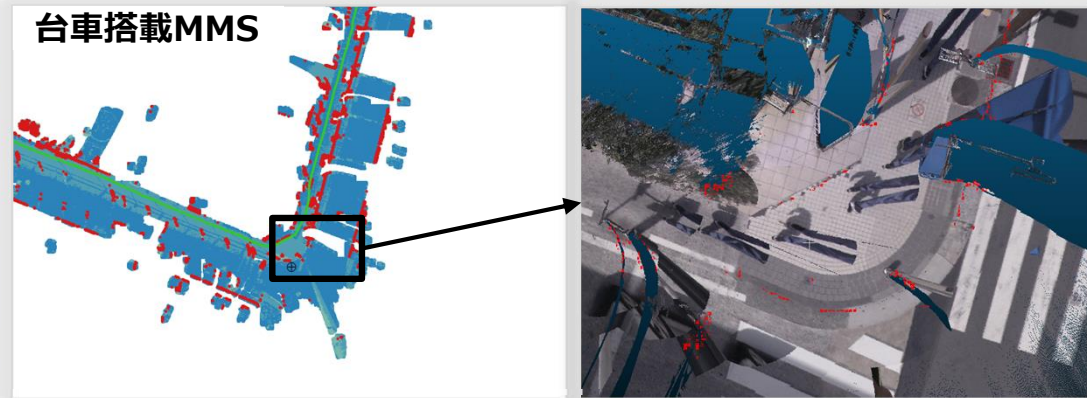
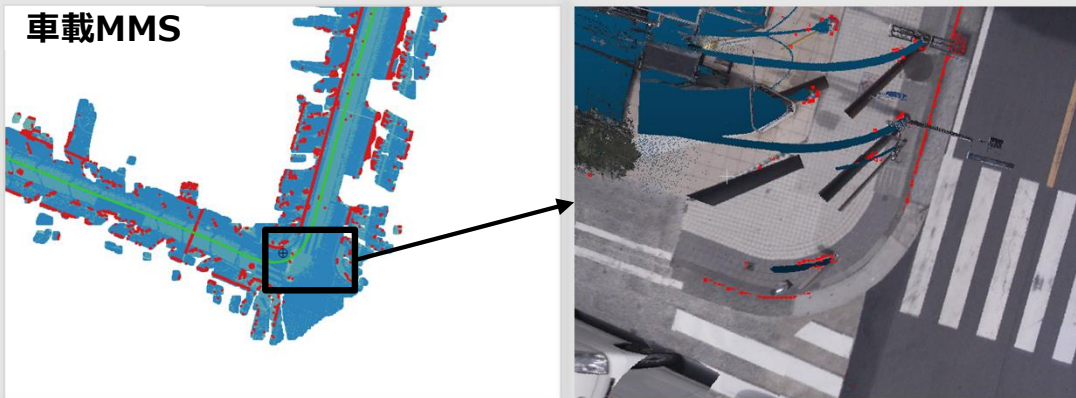


- 車載や台車搭載MMSと比べて、計測歩行時の揺れの影響等もあり、バックパック、ハンディ、スマートフォンの点群の高さバラつきは大きい

※車載、台車搭載MMSは10cm四方における高さ方向の標準偏差を算出。バックパック、ハンディ、スマートフォンではバラつきが大きい為、30cm四方で算出



# バリア情報の抽出例(段差2cm以上)



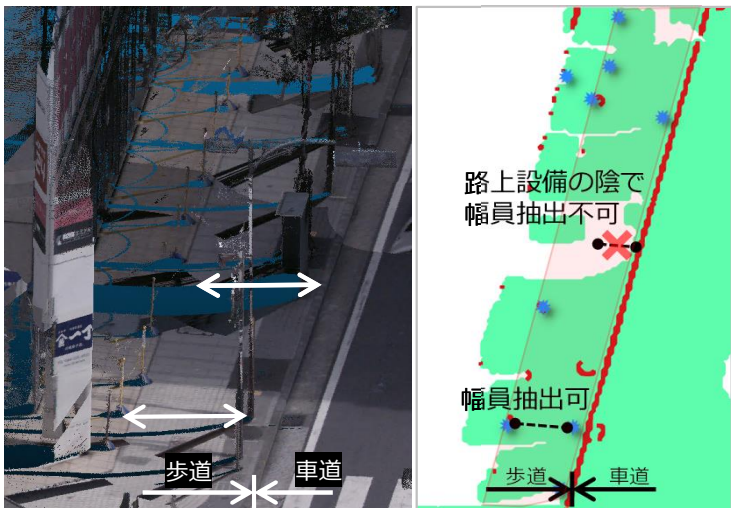
- 平面部 (道路及び歩道面)
- 検出結果 (隣接する点群の高さの差が2cm以上の箇所)

- ・車載や台車搭載MMSは点群高さのバラつきが小さく、適切に2cmの高さの差を抽出
- ・バックパック、ハンディ、スマートフォンは点群高さのバラつきが大きく、2cm高さの差として誤って抽出される



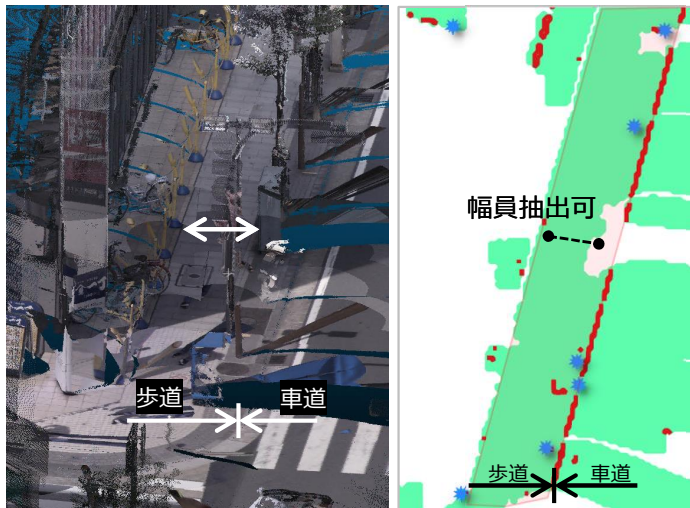
# バリア情報の抽出例(幅員)

## 車載MMS

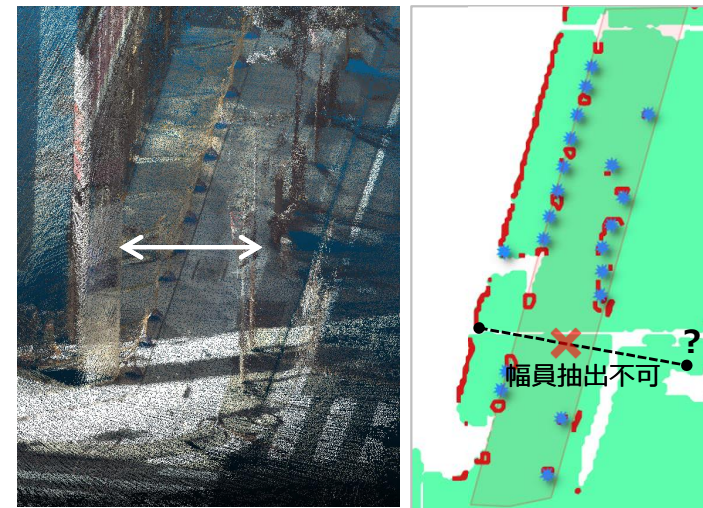


高さのバラつきが小さく歩車道の境界線(境界となる段差)(■)を抽出可能

## 台車搭載MMS

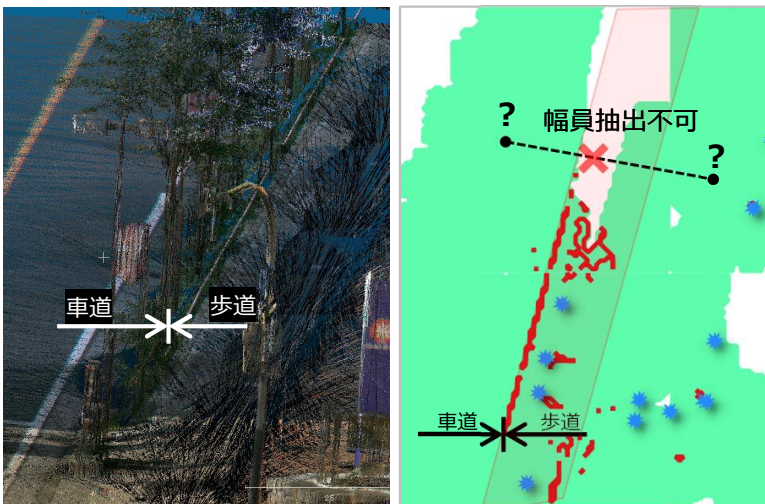


## バックパック型スキャ



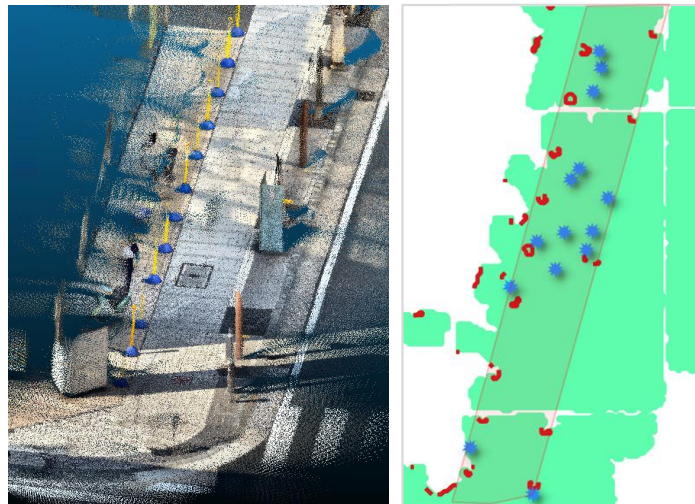
歩道と車道の境界が取得できない為、抽出不可

## ハンディ型LiDAR



歩道と車道の境界が取得できない部分があり、抽出困難

## スマートフォンLiDAR



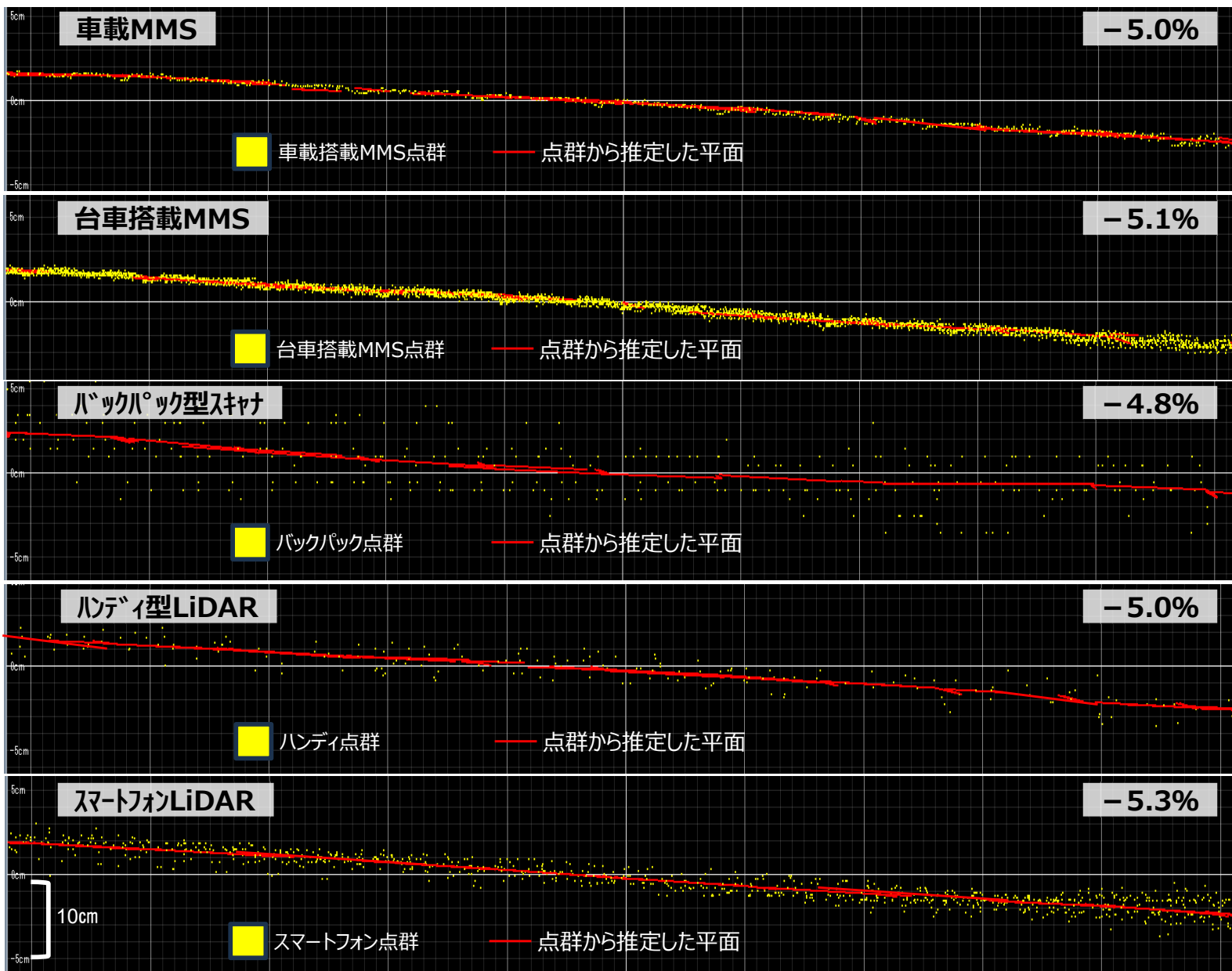
歩道と車道の境界が取得できない為、抽出不可

- 点群から道路面 (■)、障害物(★) を抽出
- 幅員は歩車道の境界線や壁面、障害物などから算出

凡例 ■ 道路面(車道+歩道) ★ 障害物 ■ 段差 □ 歩道領域



# バリア情報の抽出例(縦断勾配)



■ 車載MMS  
高い精度で勾配値が算出できる。  
台車搭載MMSと比較し、計測位置から歩道迄の距離が遠く、点の密度が薄い傾向有。

■ 台車搭載MMS  
高い精度で勾配値が算出できる。

■ バックパック型スキャナ  
TLSの点群から取得した勾配に近い値を取得。  
局所的に1cm程度の浮き沈みがあり、計測箇所により1%程度の誤差が含まれる

■ ハンディ型LiDAR  
TLSの点群から取得した勾配に近い値を取得。  
局所的に1cm程度の浮き沈みがあり、計測箇所により1%程度の誤差が含まれる

■ スマートフォンLiDAR  
TLSの点群から取得した勾配に近い値を取得。  
局所的に1cm程度の浮き沈みがあり、計測箇所により1%程度の誤差が含まれる

- ・当該箇所でTLS点群を用いて算出した勾配値は-5.0% (正解値)
- ・点群から最小二乗法を用いて平面を推定し、その平面から勾配を求める

# 取得センサーごとのバリア情報等の抽出結果



| バリア種別        | 車載MMS                 | 台車搭載MMS | バックパック型スキャナ | ハンディ型LiDAR | スマートフォンLiDAR |
|--------------|-----------------------|---------|-------------|------------|--------------|
| 幅員           | ○<br>オクルージョンの<br>補完必須 | ◎       | × *1        | △ *1       | × *1         |
| 縦断勾配/横断勾配    | ○<br>オクルージョンの<br>補完必須 | ◎       | ○           | ○          | ○            |
| 段差           | ○<br>オクルージョンの<br>補完必須 | ◎       | × *1        | × *1       | × *1         |
| 視覚障害者誘導用ブロック | △ *2                  | △ *2    | △ *2        | △ *2       | △ *2         |
| 屋根           | ○<br>オクルージョンの<br>補完必須 | ◎       | ○           | △          | —            |
| 横断歩道         | ○ *3                  | ○ *3    | ○ *3        | △          | —            |

抽出しやすいセンサー  
要件に従い抽出可  
人による抽出が可能  
抽出不可  
計測不可

: ◎ 目安80%抽出  
: ○ 目安60%抽出  
: △ 目安50%以下抽出  
: ×  
: —

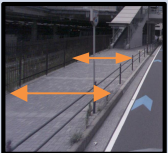
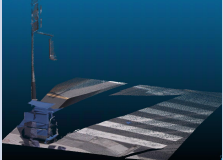

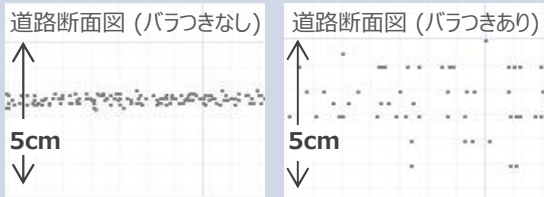




\*1 「バックパック型スキャナ」、「ハンディ型LiDAR」、「スマートフォンLiDAR」は高さのバラつきが多く、過剰な段差を抽出。  
\*2 視覚障害者誘導用ブロックについては、天候や日当たりの影響により、一定の色合いを判断することが困難。  
\*3 レーザー照射距離が遠いほど、反射強度のコントラストが不足するため、白線の抽出が困難。



# バリア情報を抽出するための3次元点群の要件(案)



点群を取得する際の計測の要件と、点群からバリア情報を抽出する際の点群要件の2つに分けて整理。

| バリア種別   | 計測要件   | 点群要件   |
|---|--|--|
| 幅員<br>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>点群データに欠損が無いこと</li> </ul>  <p>道路上の地物や車両によるデータ欠損</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>半径5cmの範囲内に2cm以上の高さのバラつきがないこと</li> <li>点群密度 1,000点/m<sup>3</sup>以上を有すること</li> <li>歩行者や自転車等の障害物がないこと</li> </ul> |
| 縦断勾配<br>横断勾配<br>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>点群の高さにバラつきがないこと</li> </ul>  <p>道路断面図 (バラつきなし)      道路断面図 (バラつきあり)</p> <p>↑ 5cm      ↓ 5cm</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>半径1mの範囲内に5cm以上の高さのバラつきがないこと</li> <li>点群密度 1,000点/m<sup>3</sup>以上を有すること</li> </ul>                             |
| 段差<br>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>車道と歩道を分離するための<b>構造的な特徴(*1)</b>が抽出できること</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>半径5cmの範囲内に2cm以上の高さのバラつきがないこと</li> <li>点群密度 1,000点/m<sup>3</sup>以上を有すること</li> </ul>                            |
| 視覚障害者誘導用ブロック<br> | <ul style="list-style-type: none"> <li>色や反射強度により、視覚障害者誘導用ブロックが識別できること</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>色合い 橙色～黄色の範囲</li> <li>明るさ 道路と比べて明るい状態</li> <li>※ 色調は日陰、日向の影響を受ける</li> </ul>                                   |
| 屋根<br>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>路面と屋根が同じ計測データに存在していること</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>路面から2m以上上部に点群があり、路面と屋根部分が同時に計測できている</li> </ul>  |
| 横断歩道<br>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>レーザーに対する光の反射の強さを示した反射強度により、横断歩道を構成する白線が識別できること</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>道路面（舗装）と横断歩道ペイントの反射強度が、2倍以上あること</li> <li>※ 反射強度は日陰、日向の影響を受けない</li> </ul>                                      |

高さ（Z値）については、標高に統一されていることを前提とする（楕円体高の場合は別途変換が必要となる）

\*1 構造的な特徴 … 車道部と歩道部を分離するための段差、ブロック、ガードレール、植栽等

- (統合・フィルタリングの検証結果や自己位置推定処理実証の結果を踏まえた)  
自動配送ロボットや自動運転車椅子への3次元点群データの活用可能性について