

# 3次元点群データの活用要件、 取得・統合方法等の検討

---

令和5年6月  
政策統括官付

# 1. 3次元地図の課題と対応方針

# 各データの課題に対する当面の対応方針

再掲



課題	仕様・手順書等	ほこナビDP機能
<b>歩行空間ネットワークデータ</b>		
新たなニーズへの対応が必要	「歩行空間ネットワークデータ等整備仕様」の改訂	データWG
データの効率的な更新手法が必要	市民等からのデータ提供による更新機能の構築	データWG
新技術等を活用した新たなデータ整備手法が必要	歩行空間ネットワークデータ自動生成機能の構築 <ul style="list-style-type: none"> <li>①針金データ自動生成機能</li> <li>②バリア情報自動生成機能</li> <li>③①②の統合機能</li> </ul>	データWG 地図WG
	①及び②に関するデータ整備手順書作成	データWG
データ整備・更新等に関する持続的な運用方法の検討が必要	ほこナビDP運用手順書の作成	データWG
<b>3次元地図データ</b>		
自動配送ロボット等の走行に必要なデータの整備・更新手法を検討 + バリア情報の自動生成等に活用可能なデータの整備・更新手法を検討※	3次元点群データの要件整理 <ul style="list-style-type: none"> <li>・データの精度</li> <li>・データの密度</li> <li>・位置基準 等</li> </ul>	データWG※ 地図WG
	3次元点群データの取得・統合手順書の作成	地図WG
	3次元点群データ管理・登録/フィルタリング機能の構築	地図WG
	複数3次元点群データの統合機能の構築	地図WG
データ整備・更新等に関する持続的な運用方法の検討が必要	ほこナビDP運用手順書の作成	地図WG
<b>バリアフリー施設データ</b>		
バリアフリー施設データ形式等の共通化、及び整備・管理・オープンデータ化作業の効率化が必要	施設管理者が所管するバリアフリー施設情報が整備・管理しやすいデータ形式等の作成	データWG
	施設データの整備・管理・オープンデータ化機能の構築	データWG
データ整備・更新等に関する持続的な運用方法の検討が必要	ほこナビDP運用手順書の作成	データWG

# 3次元地図に関する課題と対応



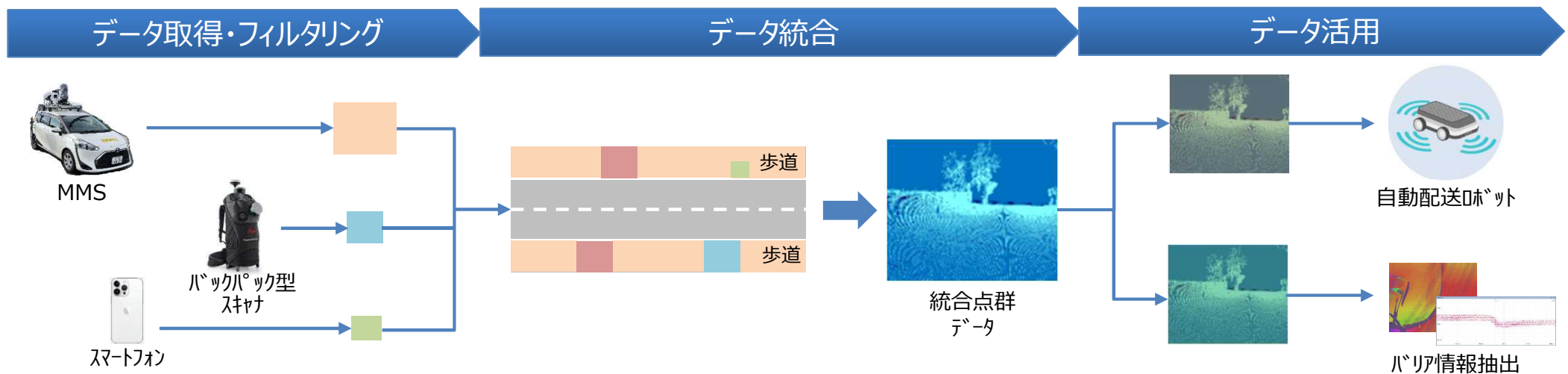
近年、各分野で3次元地図の整備が進んでおり、歩行空間においてもこれらのデータを活用して効率的にデータ整備を行える可能性がある。また、人だけでなくロボットに対しても、3次元地図を活用することで走行環境構築の支援を行える可能性がある。そこで、必要となる要件を整理し、データの取得・統合方法の手順書を作成する。

## 課題

- 自動配送ロボット等の走行に必要なデータの整備・更新手法を検討
- バリア情報の自動生成等に活用可能なデータの整備・更新手法を検討
  - それぞれの目的に必要な3次元点群データの要件が整理されておらず、どのような密度や精度でデータを取得してよいか分からない。
  - 要件に基づき、複数の点群データを統合する方法が整理されていない。

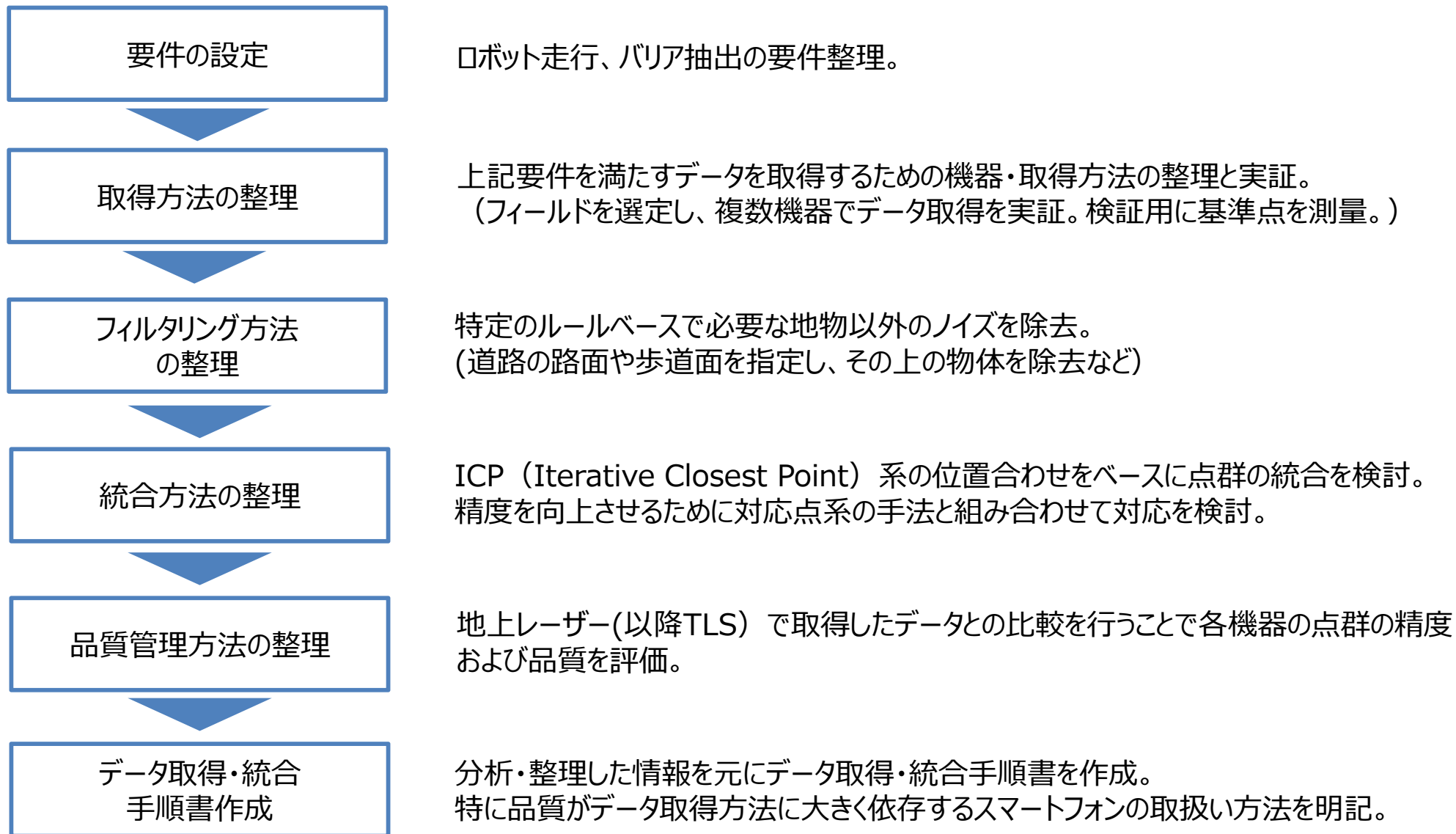
## 対応方針

- 3次元点群データの活用に向けて、バリア抽出や自動配送ロボットの走行に必要な精度や密度などの要件を検討
- 要件を踏まえた上で、データ取得やフィルタリング方法、及び、統合方法を検討し、手順書を作成



# 3次元点群データの検討項目と検討フロー(案)

3次元点群データは、取得する機器や方法によって、データの精度や密度が大きく異なる。そのため、以下の項目・フローにて検討を実施し、その結果を手順書として整理する。



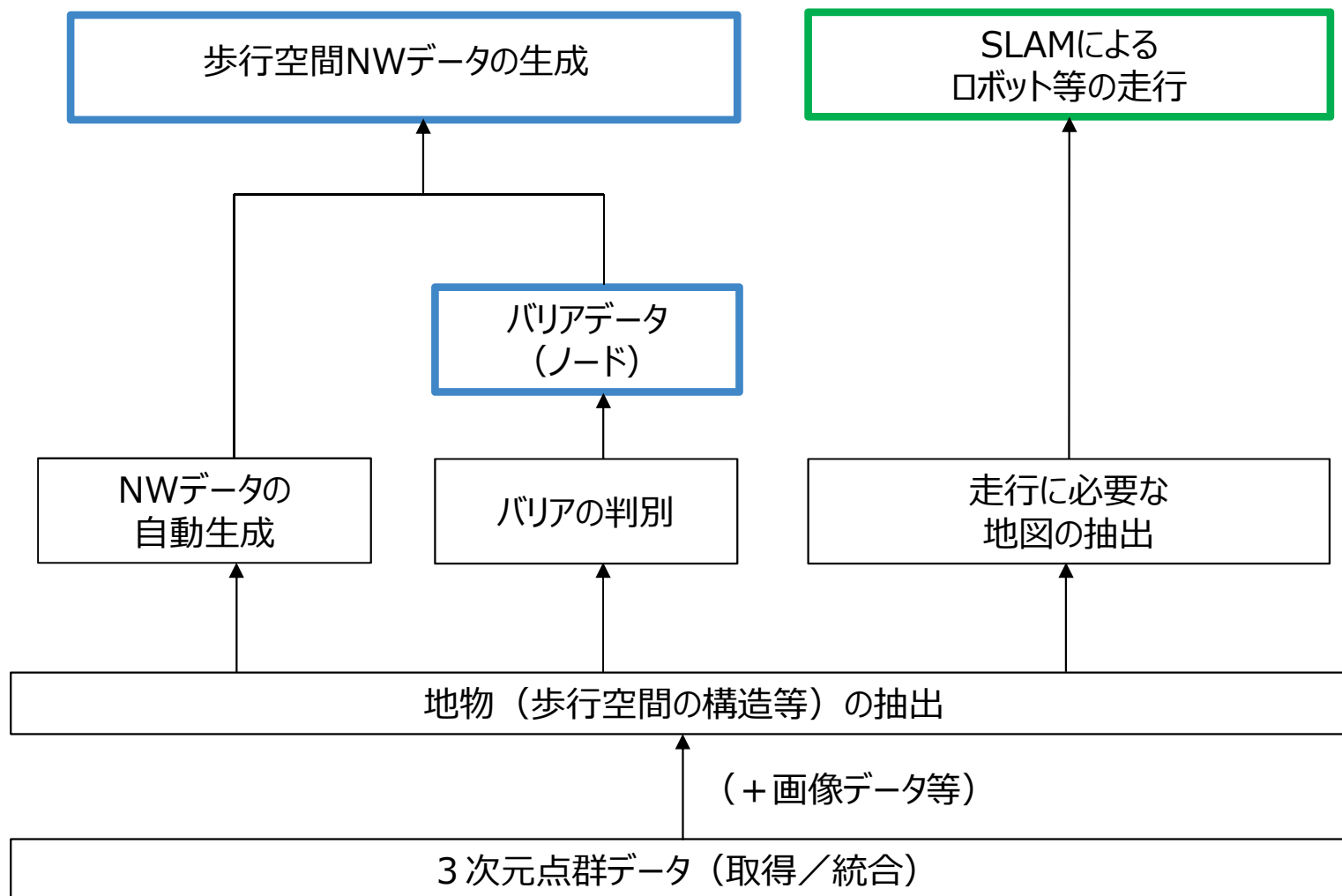
## 2. 3次元点群データの要件について

# 3次元点群データの活用イメージ



3次元点群データを、バリア抽出とロボット走行の双方に活用するため、それぞれに必要な要件を整理したうえで、双方の要件を満たすデータを取得または統合する必要がある。

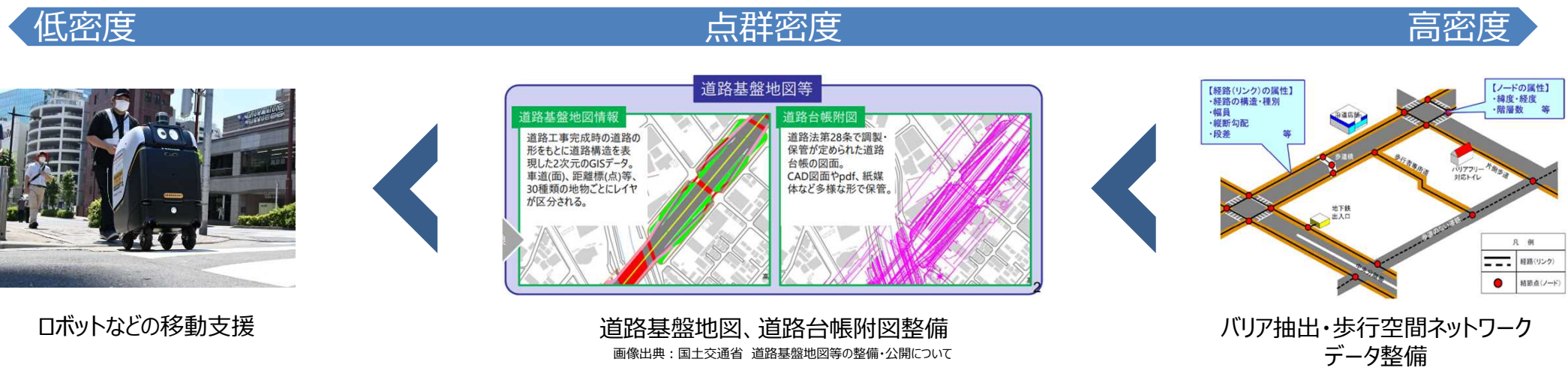
## データ活用のフロー（イメージ）



# 3次元点群データの精度と点密度(1/2)

歩車道の3次元点群データ取得について、道路台帳の整備においては、「作業規程の準則」で規定されている。一方でバリア抽出では、細かな段差の把握などが必要であるため、より高密度な点群が必要である。

## 活用する点群の密度 (イメージ)



## 3次元点群データの要求精度および点密度

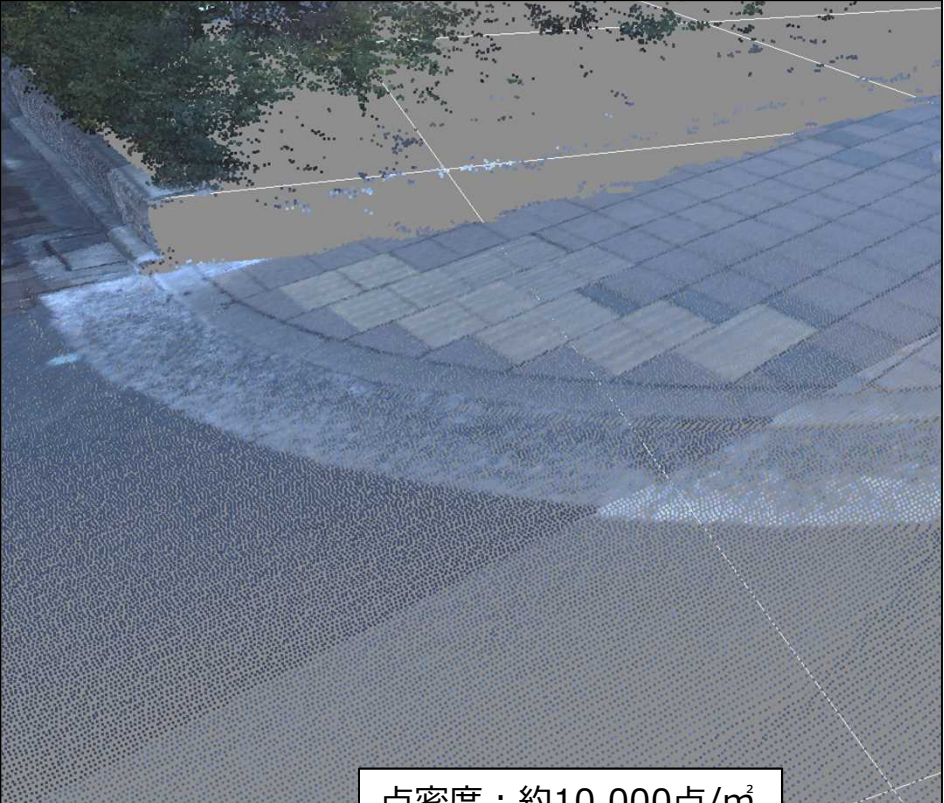
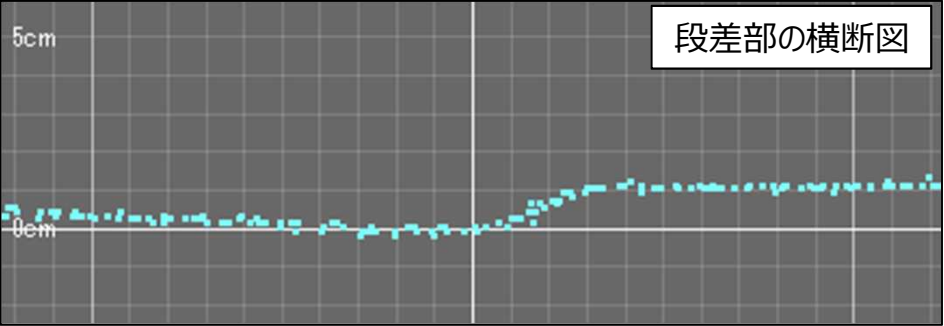
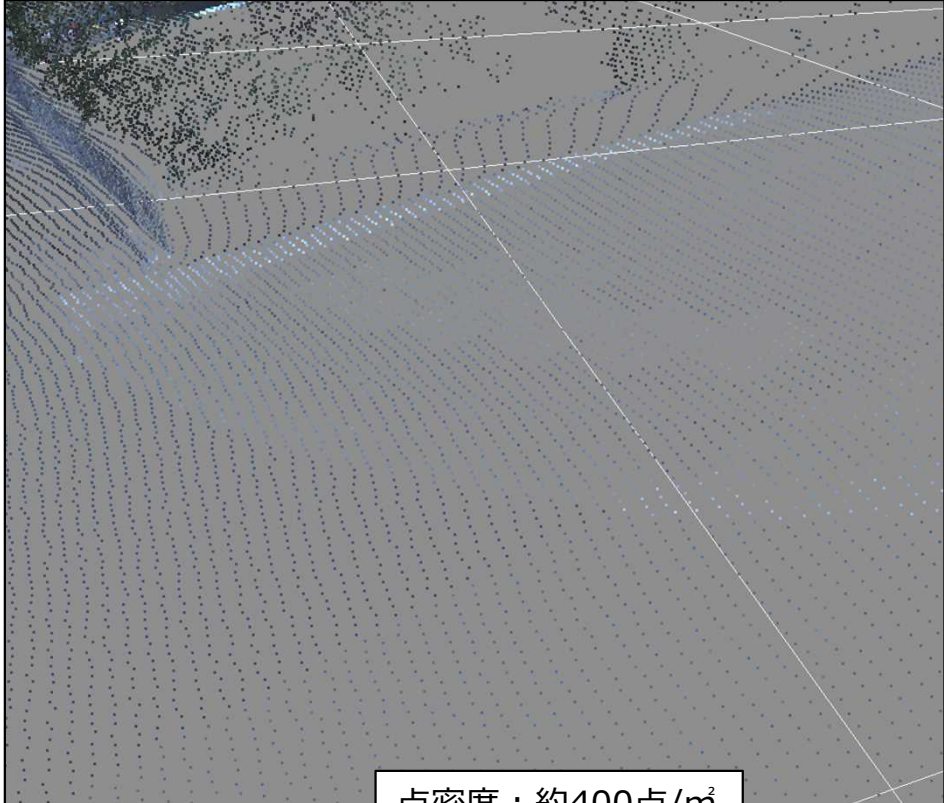
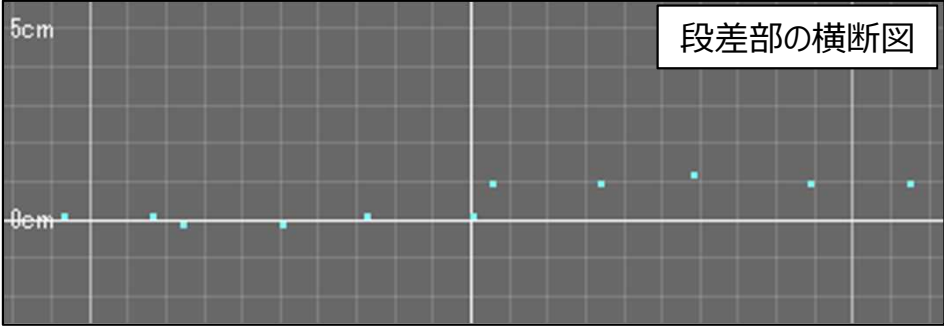
利用目的	要求精度		要求点密度
	水平位置	標高	
数値地形図作成 レベル500※ (道路台帳附図整備が可能な水準)	絶対位置 15cm以内	絶対位置 20cm以内	400点/m <sup>2</sup> 以上
【仮説】 バリア抽出・歩行空間ネットワークデータ整備	—	相対位置 1cm以内	1000点/m <sup>2</sup> 以上
【仮説】 ロボットなどの移動支援	絶対位置 15cm以内	絶対位置 20cm以内	100点/m <sup>2</sup> 以下

※国土交通省国土地理院 作業規程の準則 <https://psgs.v.gsi.go.jp/koukyou/jyunsoku/>



# 3次元点群データの精度と点密度(2/2)

道路台帳などの数値地形図データの作成で求められる点群データとバリア抽出などで必要と考えられる点群ではデータ量が大きく異なり、利用目的に応じて加工（間引きなど）が必要である。





# 3次元点群データの形状の再現性、色情報、反射強度

位置精度、点密度以外では、「形状の再現性」、「点群の色情報」、「反射強度(Intensity)」についても活用可能かを検討する。

## 再現性、色情報、反射強度の検討内容

項目	バリア抽出・歩行空間ネットワークデータ整備	ロボット等の移動支援
形状の再現性 (レーザ点の当たり方による面や角形状の再現性)	<ul style="list-style-type: none"> <li>バリアの認識・抽出への影響を検討</li> <li>段差、縁石、点字ブロック、街路樹の根などのミクロな視点</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロボットの自己位置推定への影響を検討</li> <li>路面、路上施設、建物などマクロな視点</li> </ul>
点群の色情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>バリアの認識・抽出への色情報の活用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロボットの移動コース策定への活用</li> <li>ロボットの自己位置推定への必要性</li> </ul>
反射強度(Intensity)の活用	<ul style="list-style-type: none"> <li>写真からの色情報が付与できない箇所での反射強度での地物認識への活用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロボットの移動コース策定への活用</li> <li>ロボットの自己位置推定への必要性</li> </ul>

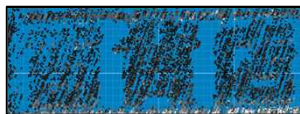
### <形状の再現性の違い (イメージ)>

※LiDARの照射密度・測距精度により見え方が変化

高精度  
LiDAR点群



中～低精度  
LiDAR点群



### <色情報や反射強度の違い (イメージ)>

色情報なし



色情報あり



反射強度



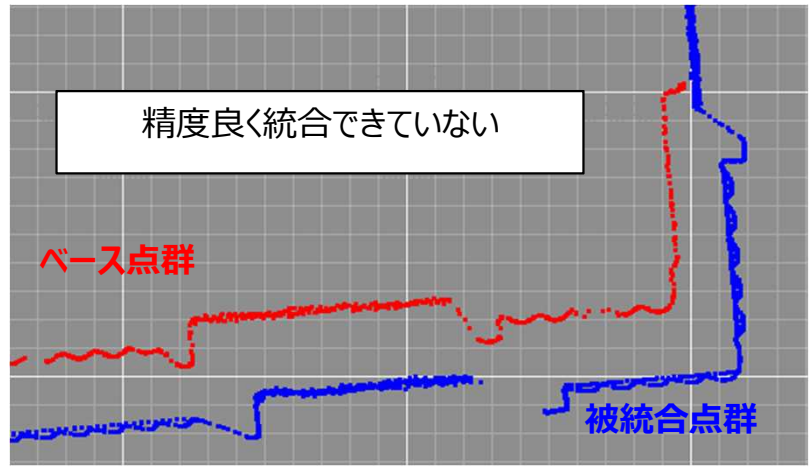
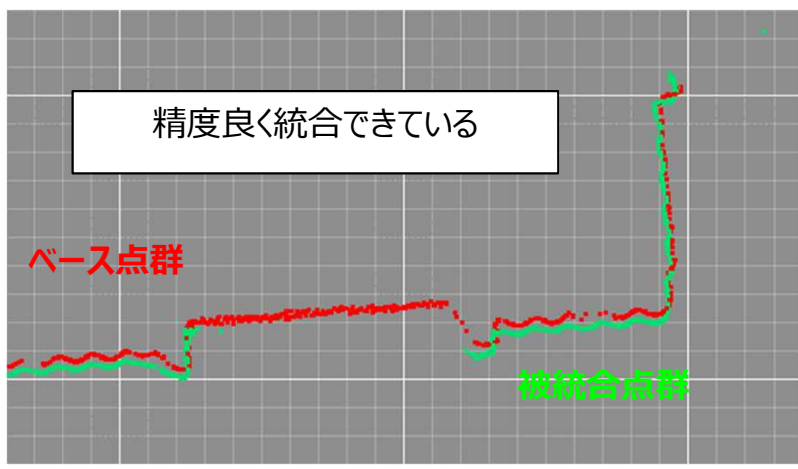
# 3次元点群データの品質

バリア抽出やロボット走行にどの程度の品質が必要かを確認するため、統合したデータの品質を3パターン用意し、活用できるかを検証する。

## 品質の検討項目

項目	バリア抽出・歩行空間ネットワークデータ整備	ロボット等の移動支援
データの品質パターン (2つの点群間の段差 甲乙丙など)	<ul style="list-style-type: none"> <li>どのレベルのパターンまで活用できるかを検討 (パターン案は以下の通り)</li> <li>甲：点群取得時の精度 高 + 手動統合、自動統合で接合品質を向上</li> <li>乙：点群取得時の精度 高 + 自動統合</li> <li>丙：点群取得時の精度 低 + 自動統合</li> </ul>	

### <統合処理結果の精度差のイメージ>



### 3. 3次元点群データの取得方法について

# データ取得方法の検討(1/2)

3次元点群データを取得するセンサは多数存在する為、各センサで取得する3次元点群データの特徴（点密度、位置精度など）を踏まえて、取得方法を整理する。

## 計測センサごとの3次元データ取得可能領域（仮）

◎：最適な機器 ○：多くの領域で適用可能 △：一部の領域で適用可能 ×：適用不可		測量等の用途で専門事業者が扱う機器					一般利用		
		可搬型MMS		バックパックMMS		TLS	ハンディLiDAR	スマートフォン	
		車載	台車搭載	自転車	歩行				
車道		◎	×	△	×	×	×	×	
自転車道	車道と非分離	○	×	◎	×	×	×	×	
	車道と分離	×	×	◎	×	×	×	×	
歩行空間	路側帯	○	○	○	○	△	○?	○?	
	横断歩道	○・機器ごとの位置精度（絶対/相対）				△	○?	○?	
	歩道	境界が縁石のみ	○	○	○	○	△	○?	○?
		境界に柵等が設置	△	○	○	○	△	○?	○?
		植栽等の設備がある	△・センサの特性により広域の計測には向かないなどの特徴を整理				○?	○?	○?
	歩行者専用道路		×	○	×	○	△	○?	○?
	歩道橋、ペDESTリアンデッキ		×	×	×	○	△	○?	○?
	公園、広場等		×	×	△	○	△	○?	○?
屋内・地下空間		×	×	△	○	△	○?	○?	

# データ取得方法の検討(2/2)

3次元点群データを取得するセンサは多数存在する為、各センサで取得する3次元点群データの特徴（点密度、位置精度など）を踏まえて、取得方法を整理する。

## データ取得に使用する機材（予定）

機器分類	メーカー / 機種名	計測エリア	用途
車載MMS	Leica Geosystems / Pegasus:Two-Ultimate	車道部	ベースデータ
台車搭載MMS		歩道部	ベース/補完データ
バックパック型MMS	Leica Geosystems / Pegasus:Backpack MAP IV / SEAMS	歩道部	ベース/補完データ
ハンディLiDAR	Leica Geosystems / BLK2GO	歩道部	補完データ
スマートフォン	Apple / iPhone 14 Pro Max	歩道部	補完データ
TLS	Faro / Focus Premium	歩道部	評価用データ
基準点測量	トータルステーション 選定中 GNSS測量機器 選定中	—	位置基準 評価用データ

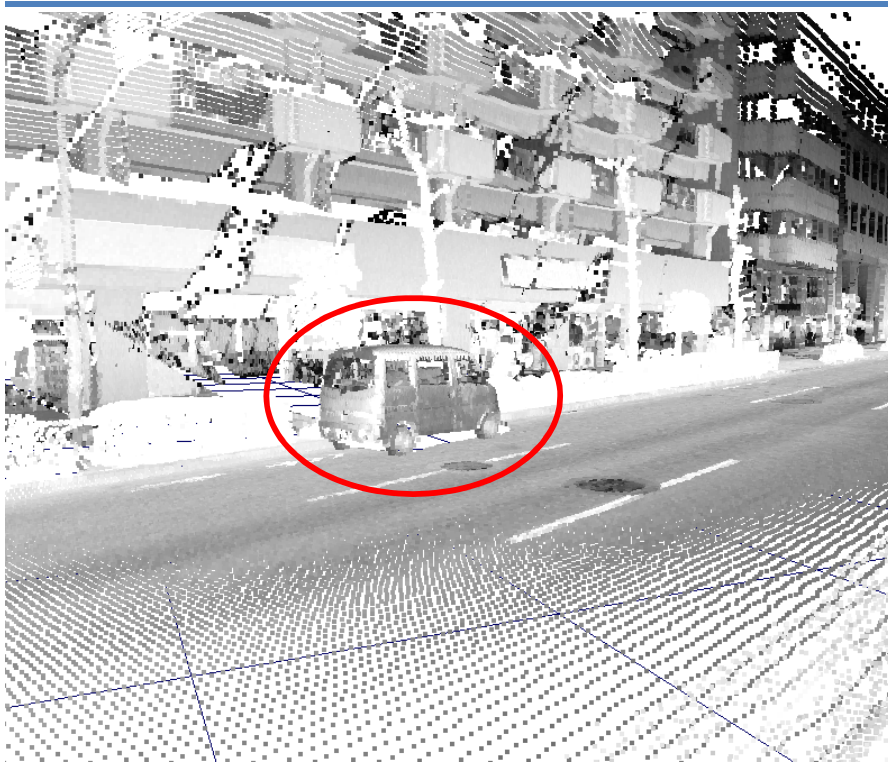
※ 使用機材はレンタルの調整がつかない場合など、一部代替機種へ変更する可能性があります。

## 4. 3次元点群データのフィルタリング方法について

# データフィルタリング方法の検討(1/2)

3次元点群データには、車両、人などの不要なノイズが多数含まれるため、バリア抽出やロボットの自走などに活用するにはこれらのノイズを削除する方法の検討が必要である。

車両のノイズ



人のノイズ



- ✓ 3次元点群から車両や歩行者などの認識方法。
- ✓ 自動除去が可能な範囲と自動処理が難しいノイズ。

点群のフィルタリングを効率的に実現する方法を整理



# データフィルタリング方法の検討(2/2)

一般的にはノイズのフィルタリングは手作業で実施することが多いが、3次元点群の活用を進める上では効率化が必要である。取得した点群から道路面などを特定し、路面上にある点群をノイズとして削除するなどの効率化を検討する。

実施方法	概要
手作業でのフィルタリング (従来一般的な方法)	細かなノイズの削除が可能であり、例外的なノイズも人の目で認識し、削除できる。作業者の時間と手間がかかるため、広域な対応には大きなコストが必要。
特定のルールベースでの自動フィルタリング	道路上の路面を指定し、その上にある点群をノイズとして削除するなど、ルールに従ってノイズ削除を自動的に行う。

## ルールベースでのフィルタリングイメージ




橙 ■ 部分の道路面を認識させ、その上にある物体をノイズとして除去 など

## 5. 3次元点群データの統合方法について


# 3次元点群データ統合方法の検討(1/2)

道路管理、自律型モビリティでの利用等で求められている、道路空間（車道、歩道）の面的な三次元データ整備において、異なる機材や時期に取得した点群データを効率よく、高精度に整備する方法の検討が必要である。  
**計測センサーごとの3次元データ取得可能領域（仮説）**


### 様々なデータ取得機材




**車載型  
MMS**




**UAV**



**ウェアラブル型LiDAR**




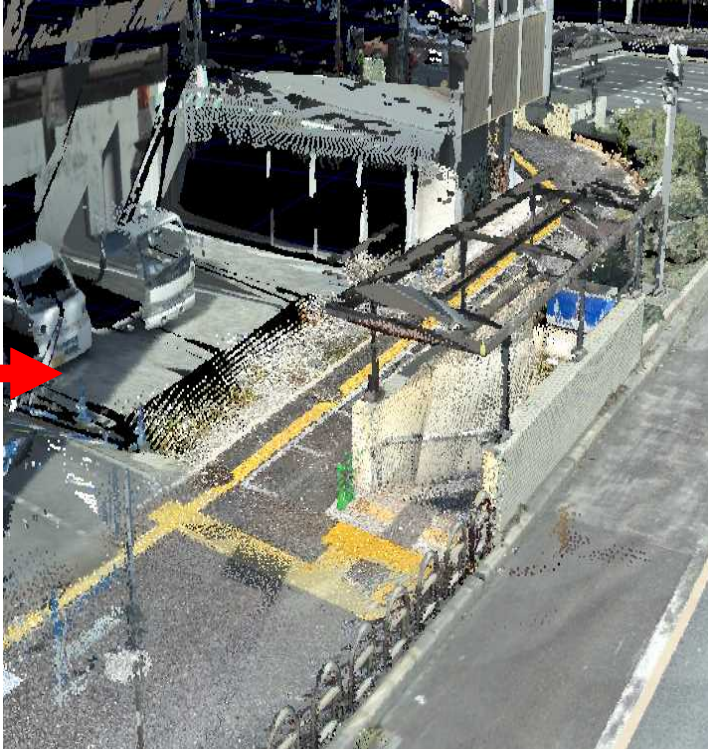
**ハンディ型LiDAR**




**バックパック型  
MMS**

### MMS





### スマホ、ハンディレーザー等



- ✓ 位置合わせアルゴリズム（ICPアルゴリズム等）を活用して、自動統合が可能な範囲。
- ✓ 一般利用者が取得することも考え、統合処理で実際に運用可能な操作性。
- ✓ ベースとなる点群の特性。

ベースとなる点群データ（MMS想定）に対し、異なる時期、機材で取得した  
 3次元点群の統合を効率的に実現する方法を整理

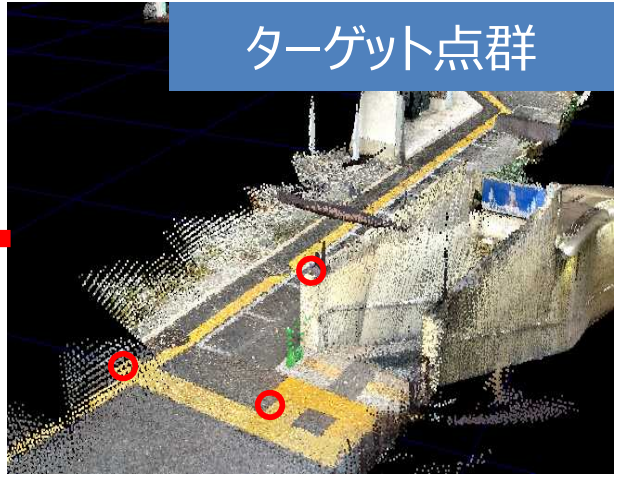
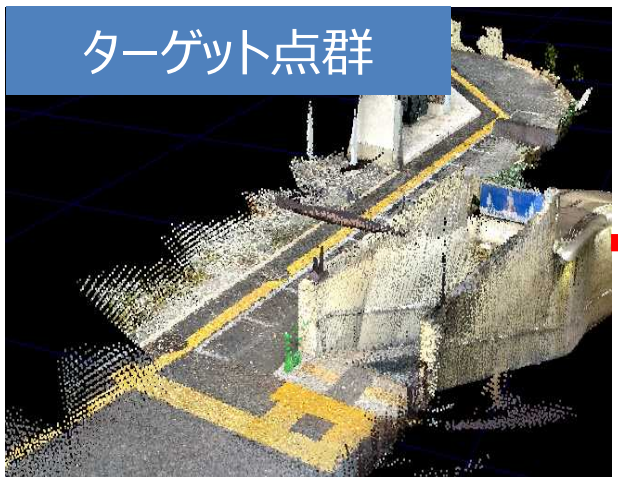
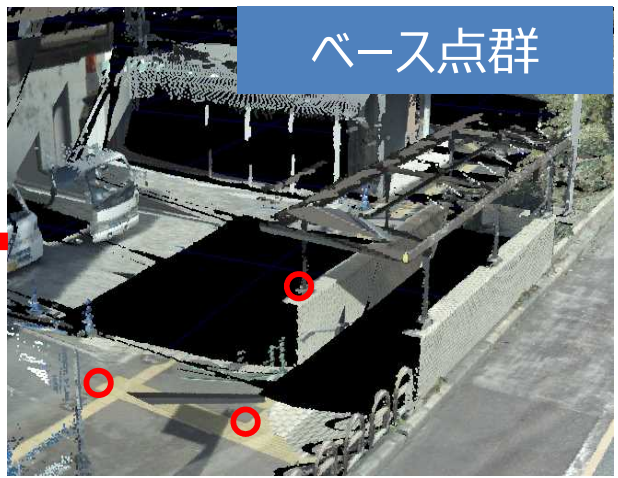


# 3次元点群データ統合方法の検討(2/2)

3次元点群データの統合にあたり、位置合わせの手法はICP (Iterative Closest Point) 系の位置合わせをベースに検討する。ICPではソース (ベース点群) とターゲット (合わせこむ点群) の設定が重要と考え、検討を進める。対応点での統合も活用し、統合点群の品質向上を検討する。

## 自動での統合

## 手動での統合



ICPを活用し、ベース点群に対し、ターゲット点群を合わせこむ

対応点を手動で指定し、ベース点群に対し、ターゲット点群を合わせこむ

## 6. 3次元点群データの品質管理方法について

統合前後の3次元点群データの絶対位置精度、相対位置精度の検証と品質評価を行う。

評価項目	評価方法	検討事項・留意点等
絶対位置精度	基準点と点群の位置較差を評価 ※今回評価では基準点に加えTLS点群も利用	基準点は既存の公共基準点や新たに測量した基準点成果を想定するが、利用できる基準点がない場合は、精度品質が担保された、もしくは上位の点群から得た位置基準を用いた精度管理を検討
相対位置精度	2つの基準点の2点間距離較差を評価 ※今回評価では基準点に加えTLS点群も利用	
点密度	取得点群の点密度をヒートマップなどの表現手法で面的に評価	針金データ・バリア情報抽出検証、ロボットの走行実証の結果と合わせて、各用途における要求スペックを整理・検討
形状の再現性	取得点群の平面形状、建物などの角形状などの再現性を評価 ※TLS点群と比較	
色の再現性	各機器ごとに点群の色の再現性などを評価 - センサ配置誤差による色付与のズレ - 動的物体の写り込みによる色付与間違い	
統合精度	統合した2つの点群の位置較差を評価	

機器ごとの特性を整理し、品質管理方法を検討

## 7. 論点整理

- 検討項目・フローについて
  - 検討項目・フローは適切か
  
- 3次元点群データの要件について
  - バリア抽出やロボット走行に必要な要件について
  - その他目的（道路管理や防災など）で取得する点群の要件との調和について
  
- 3次元点群データの取得・フィルタリング・統合・品質管理方法について
  - それぞれ採用する機器や適用する技術は適切か
  - 技術的に留意すべき点について