

# 職員による点群データ取得・活用ガイド

第1版

---

## 目次

---

1. 点群データ取得・活用の全体像.....	1
1.1 東京都における点群データ活用の現況.....	1
1.2 東京都の職員によって取得することが期待される地物 .....	1
1.2.1 遮蔽物による欠損箇所 .....	2
1.2.2 レーザー測定の解像度より小さい地物 .....	2
1.2.3 変化の速度が大きい箇所 .....	2
1.3 点群データ取得・活用の流れ .....	3
2. 前提知識 .....	4
2.1 レーザースキャナによる点群データ取得の仕組み.....	4
2.2 点群データ取得に向いていない地物.....	5
2.2.1 レーザー光を反射しにくい色の物体.....	5
2.2.2 レーザー光を完全に反射する材質の物体 .....	5
2.2.3 レーザー光を透過する材質の物体.....	6
3. 事前準備 .....	8
3.1 十分な作業スペースの確保 .....	8
3.1.1 障害物の除去.....	8
3.1.2 作業者以外の立入制限 .....	8
3.2 周囲の障害物の確認.....	8
3.3 移動経路の検討 .....	9
3.3.1 歩きやすい経路を設定.....	9
3.3.2 同じ箇所を往復する経路を回避.....	10
3.4 明るさの確保.....	11
3.4.1 視認性の低下 .....	11
3.4.2 点群データのズレ.....	11
3.4.3 明るさを確保する方法.....	12
4. 点群データ取得時のポイント.....	13
4.1 ゆっくりと移動しながらスキャンする .....	13
4.1.1 前提知識：スマートフォンの自己位置推定 .....	13

4.1.2 点群データのズレを抑制するコツ .....	13
4.2 センサーを正面に向けてスキャンする .....	14
4.2.1 点密度の高い点群データを取得するコツ .....	14
4.2.2 点群データの欠損を防ぐコツ .....	15
4.3 同じ箇所を何度もスキャンしない .....	16
4.3.1 データ品質の低下 .....	16
4.3.2 データサイズの増大 .....	16
5. 取得した点群データの後処理 .....	17
5.1 基本的な機能 .....	17
5.1.1 点群データの閲覧 .....	17
5.1.2 大まかな位置合わせ .....	19
5.1.3 ノイズ除去 .....	21
5.1.4 距離計測 .....	22
5.1.5 断面図の作成 .....	23
5.2 応用的な機能（機能紹介のみ） .....	25
5.2.1 体積の算出 .....	25
5.2.2 点群の自動分類 .....	26
6. 取得した点群データの活用について .....	27
6.1 発災後の迅速かつ安全な状況把握・災害査定 .....	27
6.2 施設設備の 3 次元的可視化・把握 .....	27
6.3 道路状況の事後的な把握 .....	28
6.4 地物の大きさの事後計測・別の場所における AR 表示の活用 .....	28
6.5 文化財等のデジタルアーカイブの生成・活用 .....	29
6.6 設備等の状態の 3D ビューア等地図上での管理 .....	29
参考文献 .....	30

# 1. 点群データ取得・活用の全体像

---

## 1.1 東京都における点群データ活用の現況

東京都では、(小笠原諸島を除く)都内全域の航空レーザー測量による点群データの整備が進められている。整備された点群データ(以下、「都航空測量点群データ」という。)は、庁内の各局へ提供されて、共通基盤データとして活用されることが期待される。また、2023年9月1日からは、多摩・島しょ部の点群データが、東京都デジタルツイン 3D ビューア上で公開・オープンデータ化がされており、誰でも閲覧・ダウンロードが可能である。

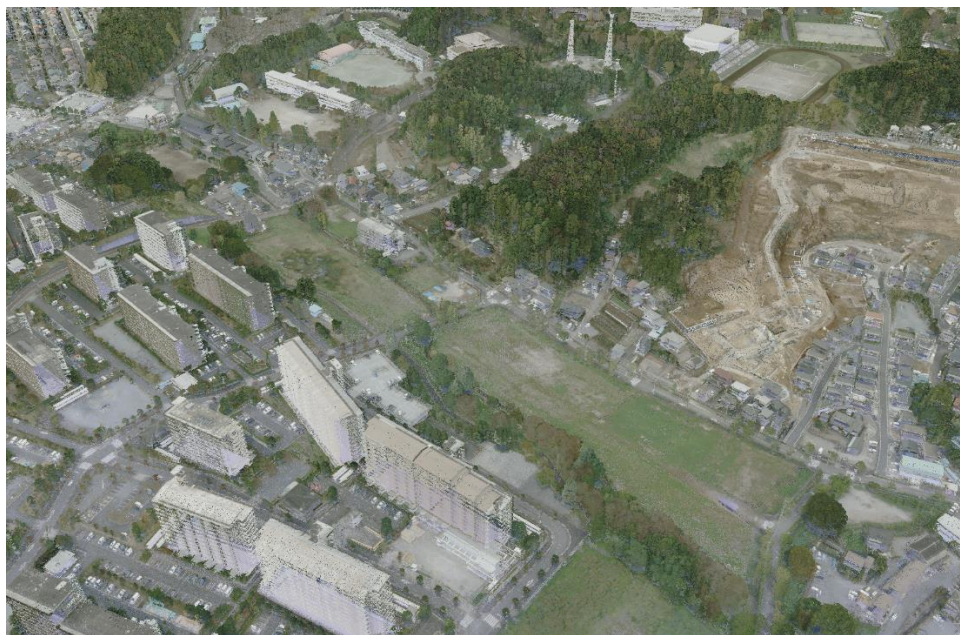


Figure 1 東京都デジタルツイン 3D ビューア上で点群データを表示した様子

出所: 東京都デジタルツイン 3D ビューア (閲覧日: 2023 年 11 月 24 日)  
<https://3dview.tokyo-digitaltwin.metro.tokyo.lg.jp/#share=s-oUYjIAZzfyIHJEVr>

このような航空レーザー測量で取得された大規模で広域の点群データだけでなく、小規模で詳細な点群データを組合せて活用することも考えられる。最近では、個人で簡易に取り扱い可能な点群データ取得用機材や、使いやすい点群処理用ソフトウェアが開発されており、職員が必要に応じて自ら点群データを取得し、利活用を進めることで、業務効率化に活用に資することが期待されている。

## 1.2 東京都の職員によって取得することが期待される地物

東京都の職員が自ら点群データを取得する対象は、航空レーザー測量等の大規模な測量では取得できない地物である。ここでは、想定される対象地物・箇所について、遮蔽物による欠損箇所、レーザー測量の解像度より小さい地物、変化の速度が大きい箇所の 3 種類と仮定して整理する。

### 1.2.1 遮蔽物による欠損箇所

航空レーザー測量等で取得された大規模な点群データには、遮蔽物によってレーザーが届かず部分的に点群データが欠損した箇所が存在する。点群データが必要な箇所が欠損していた場合、簡易に利用可能な機材で自ら点群データを取得し重ね合わせることで、欠損箇所を補完することが可能である。

具体的な例では、高架下・橋梁の下、アーケード・トンネル内等が想定される。Figure 2 に橋梁下の点群データ欠損箇所の例を示す。

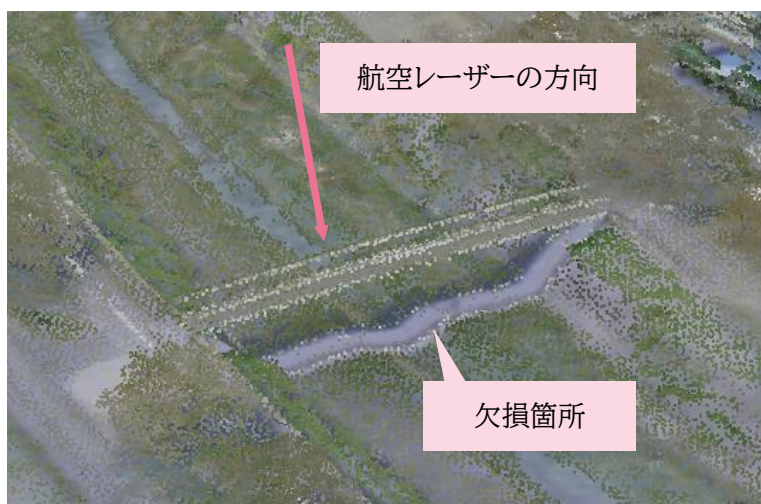


Figure 2 橋梁下の欠損箇所の例

出所： 東京都デジタルツイン 3Dビューア(閲覧日：2023年11月24日)  
<https://3dview.tokyo-digitaltwin.metro.tokyo.lg.jp/#share=s-rT6PmWgDElvzE02K>

### 1.2.2 レーザー測量の解像度より小さい地物

都航空測量点群データの点密度は 16 点/m<sup>2</sup>以上であり、広域での航空レーザー測量による点群データとしては非常に高い点密度を達成している。しかし、地上には航空レーザー測量の空間解像度よりも小さな地物も存在し、上記の点密度では形状が明確にならないそれらの地物の点群データは、職員によって取得する価値があると言える。

具体的な例としては、公園設備や消火栓等の街中にある地物や、道路や構造物の表面にあるひび割れ等の把握などが考えられる。

### 1.2.3 変化の速度が大きい箇所

大規模な点群データは、費用・時間ともに更新するためのコストが大きく、頻繁に更新することは難しいが、季節変化する地物や変化スピードが大きい地物・現場は、小さなコストで簡易に取得可能な点群データを頻繁に更新していく方が活用する上では現実的と言える。

具体的な例としては、期間限定で実施されたイベント内で設置されたオブジェや展示、公園内の自然の状況等が考えられる。また、土砂崩れや大雨等の災害によって急激に変化した地形等も対象として想定される。

### 1.3 点群データ取得・活用の流れ

職員が自ら取得した点群データを業務活用するまでには、①事前準備、②点群データ取得、③取得した点群データの後処理の3ステップを踏む必要がある。本マニュアルは、各ステップの実施事項及び注意すべきポイントについて、Figure 3の通り3章から5章までに実際の手順と同じ流れで整理したものである。

最終的な活用方法は各局での事業・業務によって異なるものであると想定されるため、参考情報として6章以降にユースケースの例を整理する。

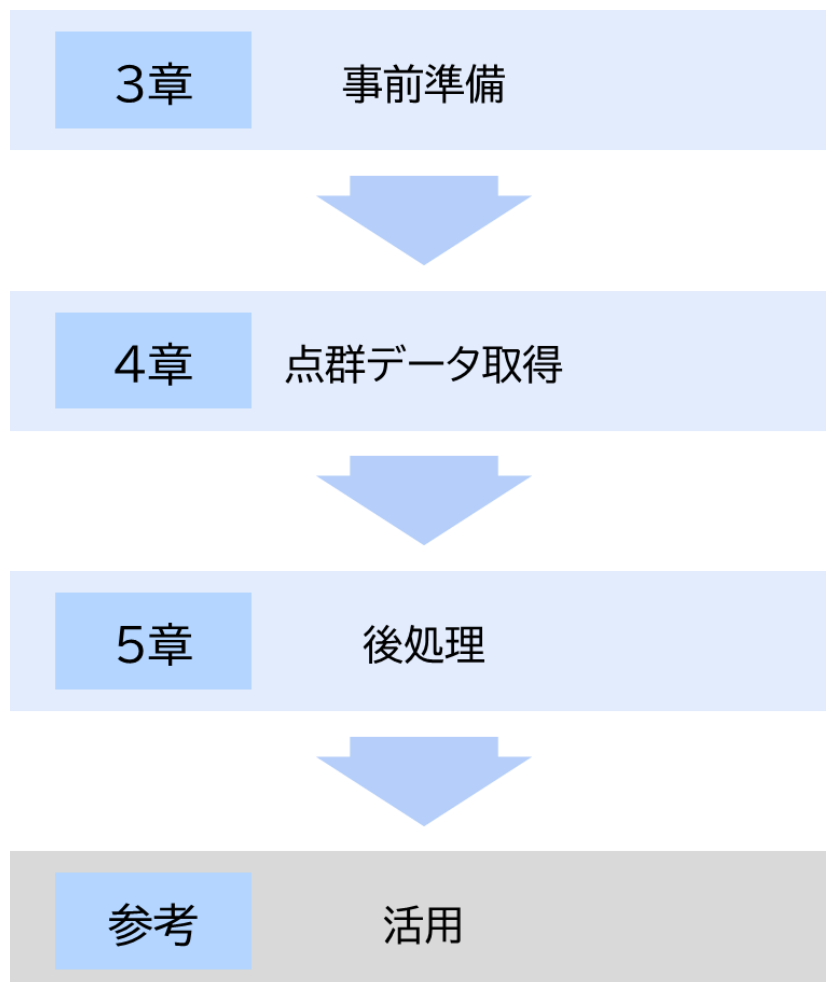


Figure 3 点群データ活用までの流れ

## 2. 前提知識

### 2.1 レーザースキャナによる点群データ取得の仕組み

点群データは、レーザースキャナによって取得することができる。レーザースキャナは、スキャン対象エリアに対して、Figure 4 のように一定間隔でレーザー光を放射状に照射する。図内には自動車や家などの物体があるが、物体に衝突したレーザー光の一部は反射してレーザースキャナに跳ね返ってくる。

反射してきたレーザー光を受け取ったレーザースキャナは、照射から受け取りまでの時間から対象物までの距離を計算し、レーザーを受けた対象物表面の相対的な位置情報を計算することができる。各レーザー光について計算した位置に点を打ち、その点の集合がスキャンしたエリアの点群データとなる。

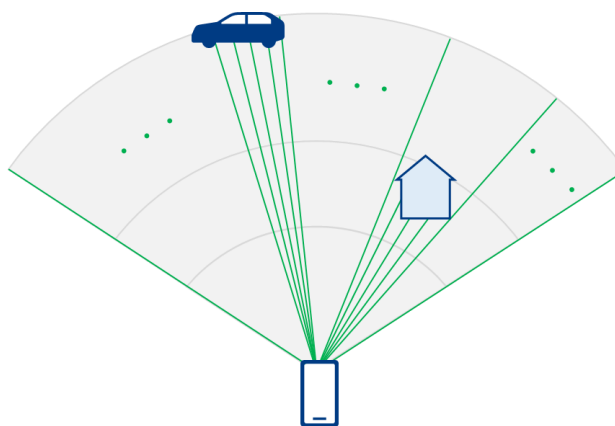


Figure 4 レーザースキャナのイメージ  
緑線がレーザー光を表現しており、一定間隔で放射状に照射される

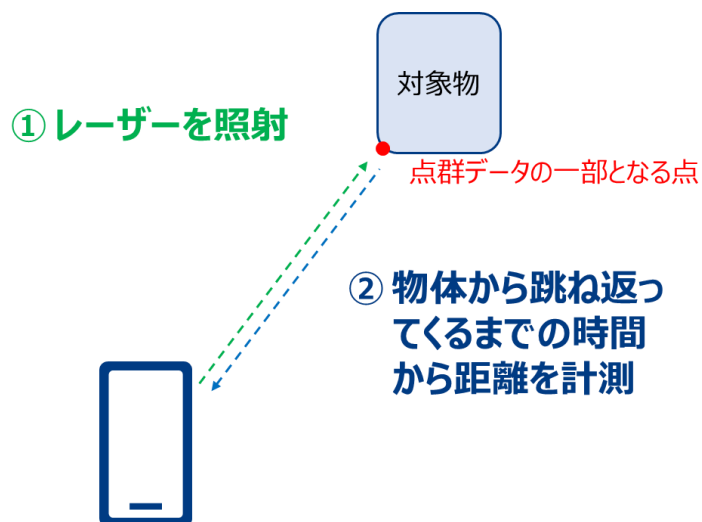


Figure 5 レーザー光の反射を利用した距離計測のイメージ

## 2.2 点群データ取得に向いていない地物

レーザースキャナは直進するレーザー光の反射を利用して点群データを取得するため、レーザー光が跳ね返ってこない物は点群データ取得に向かない。本節では、点群データ取得に向かない地物の特徴を整理する。

### 2.2.1 レーザー光を反射しにくい色の物体

黒い色や暗い色の物体は光を吸収しやすいため、レーザー光の反射が弱く点群データ取得が難しいことが多い。例えば、黒く塗装された自動車やディスプレイ等は点群データを取得しにくい傾向にある。ただし、反射の強度は材質等も影響するため、黒い物は全て点群データ取得できない訳ではないことに注意が必要である。

また、ここで説明している「黒い物体」とは物質自体の色が黒い物体を指しており、照明が当たらず暗くなっている物体は対象ではない。本来明るい色の物体は、暗い場所に置いてあっても点群データ取得することは可能である（但し、光学カメラ画像も利用した点群データ取得を行う機材を使用する場合には、光量に注意が必要な場合がある。3.4「明るさの確保」に詳述。）。

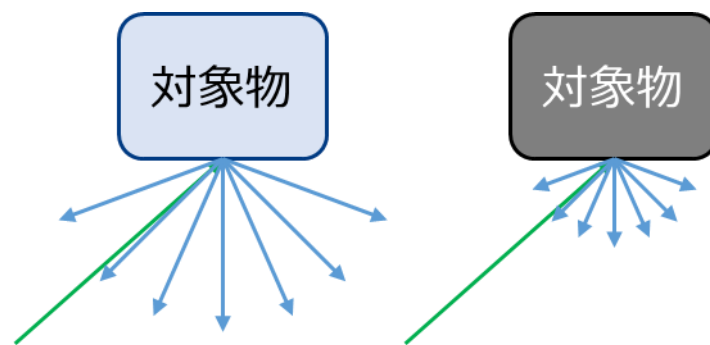


Figure 6 黒い物体の表面で反射するレーザー光が弱まるイメージ  
黒い物体の表面でレーザー光の一部が吸収されるため反射が弱くなる

### 2.2.2 レーザー光を完全に反射する材質の物体

鏡や光沢のある金属の表面は、Figure 7 のようにレーザー光を完全に反射してしまうため、点群データを取得することができない。金属でできている椅子の脚をスキャンした結果を Figure 8 に示す。



## 鏡面

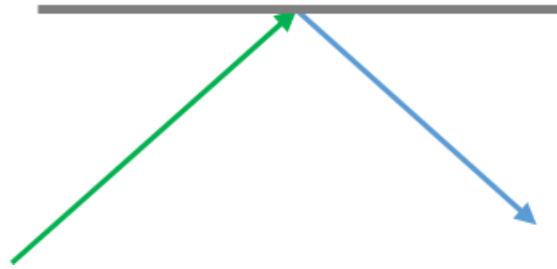
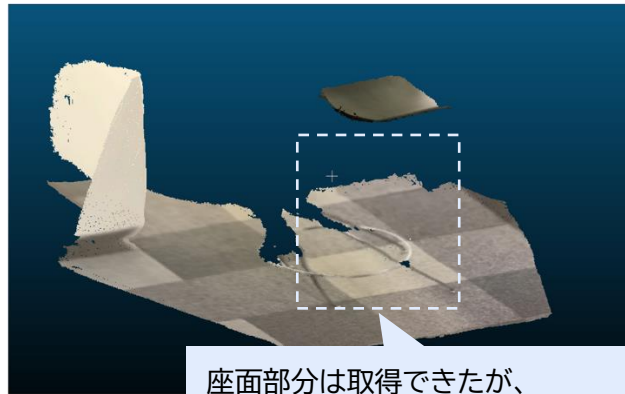
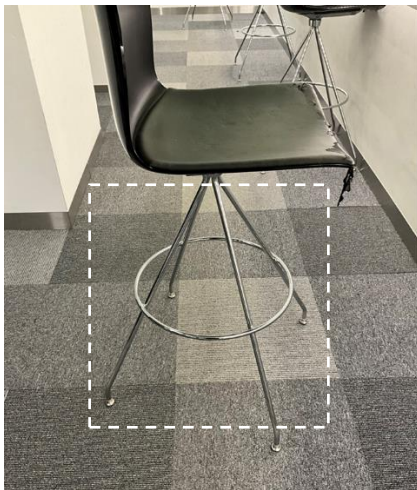


Figure 7 レーザー光が完全に反射するイメージ  
反射したレーザー光はセンサーへ跳ね返ってこないため点群データ取得ができない



座面部分は取得できたが、  
金属部分のデータが取得できない。

Figure 8 金属の部分が点群データ取得できていない様子

### 2.2.3 レーザー光を透過する材質の物体

無色のガラスやプラスチック等は、Figure 9 のようにレーザー光を透過してしまうため点群データを取得することができない。ただし、ガラスの先に何らかの物体がある場合、ガラス越しでレーザー光が反射してくるため、ガラスの先の物体は点群データを取得することができる。

具体例としては、窓ガラス・ペットボトル・透明なビニール等の物体が考えられる。ガラスの点群データを取得しようとした例を Figure 10 に示す。

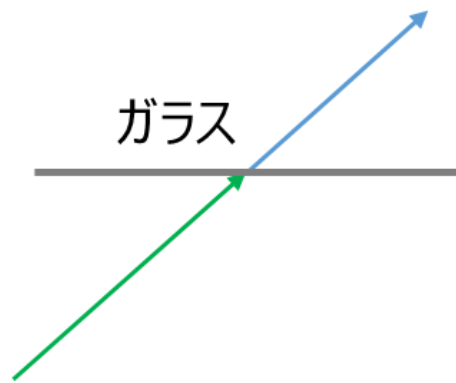


Figure 9 レーザー光が透過し反射しないイメージ  
透過したレーザー光はセンサーへ跳ね返ってこないため点群データ取得ができない



Figure 10 ガラスの点群データを取得しようとした結果

## 3. 事前準備

---

点群データを取得する際には、いきなりスキャンを始めるのではなく、事前にスキャン作業をしやすい環境を整備し、作業手順をイメージしておくことが重要となる。本章では、事前準備において留意すべきポイントを挙げ、それぞれの目的と重要性について整理する。

### 3.1 十分な作業スペースの確保

点群データの取得においては、スマートフォンの画面を見ながら移動することが多い。そのため、地物全体を取得するための十分に広い作業スペースを確保し、また足元の安全に注意をした上で、効率的な動線を事前に想定した後にスキャンを実施することが重要である。作業エリアを適切に整備することで、スキャン中の事故リスクを最小限に抑え、高品質な点群データの取得に集中することができる。

#### 3.1.1 障害物の除去

スキャン作業中にスマートフォンの画面に集中すると、足元や周囲の障害物に気がつくなくなり、店頭や衝突等の事故に繋がるリスクが考えられる。作業エリアから不要なものを事前に除去し、可能な限り広く開けた空間を確保すると良い。

#### 3.1.2 作業員以外の立入制限

作業員以外の人物が作業エリアに進入すると、衝突等の事故の原因となる他、スキャン時に写り込んでしまい点群データにノイズが発生する可能性がある。そのため、可能な限り、作業エリアには作業員以外の立ち入りを制限することが望ましい。

### 3.2 周囲の障害物の確認

点群データ取得の際は、スキャンするエリア内及び周囲に存在する障害物に注意を払うことが重要だが、実際の作業現場では全ての障害物を除去することは難しく、立ち入りを制限できない状況も考えられる。そのため、リスクを最小限に抑えるために、事前に周囲の状況を確認しておくことが重要となる。特に、足元に存在する地物や作業員以外の人を通る可能性のある場所は必ず確認しておく必要がある。

### 3.3 移動経路の検討

点群データを効率的かつ安全に取得するためには、事前に適切な移動経路を計画し作業イメージを持つことが重要である。本節では、移動経路の設定において留意すべき 2 つのポイントについて説明する。

#### 3.3.1 歩きやすい経路を設定

スマートフォンの画面を見ながら移動することを想定して歩きやすい経路を選択する。歩きやすい経路を設定することでスキャンに集中することができ、高品質なデータの取得や転倒・衝突等の事故を防ぐことに繋がる。具体的には、「① 道幅が狭い場所は避ける」と「② 障害物の近くは避ける」ことを意識して経路設定すると良い。



Figure 11 歩きやすい経路設定において注意する箇所の例

- ① の部分は、道幅が狭く移動時に足元に注意が必要である。
- ② の部分は、障害物(ショベルカー)が近くにあり移動時に注意が必要である。

### 3.3.2 同じ箇所を往復する経路を回避

点群データを往復しながら取得することは、点群データの位置ズレの発生(詳細:4.1.2「点群データのズレを抑制するコツ」)や、点群データの品質低下・データサイズの増大(詳細:4.3「同じ箇所を何度もスキャンしない」)に繋がる可能性がある。移動経路を計画する時は、スキャン対象の全エリアをカバーしつつ重複を避けるルートを検討する。また、スキャン対象のエリアが広大な場合は、必要に応じてエリアを分割してスキャンすることも有効である。

望ましくない経路設定の例を Figure 12 に示す。画像中央の溝内をスキャンするために、①→②と移動しながらスキャンすると、①を移動中に取得した点群データと②を移動した点群データに位置ズレが発生することや、重複してスキャンされることでデータサイズが増大することが考えられる。

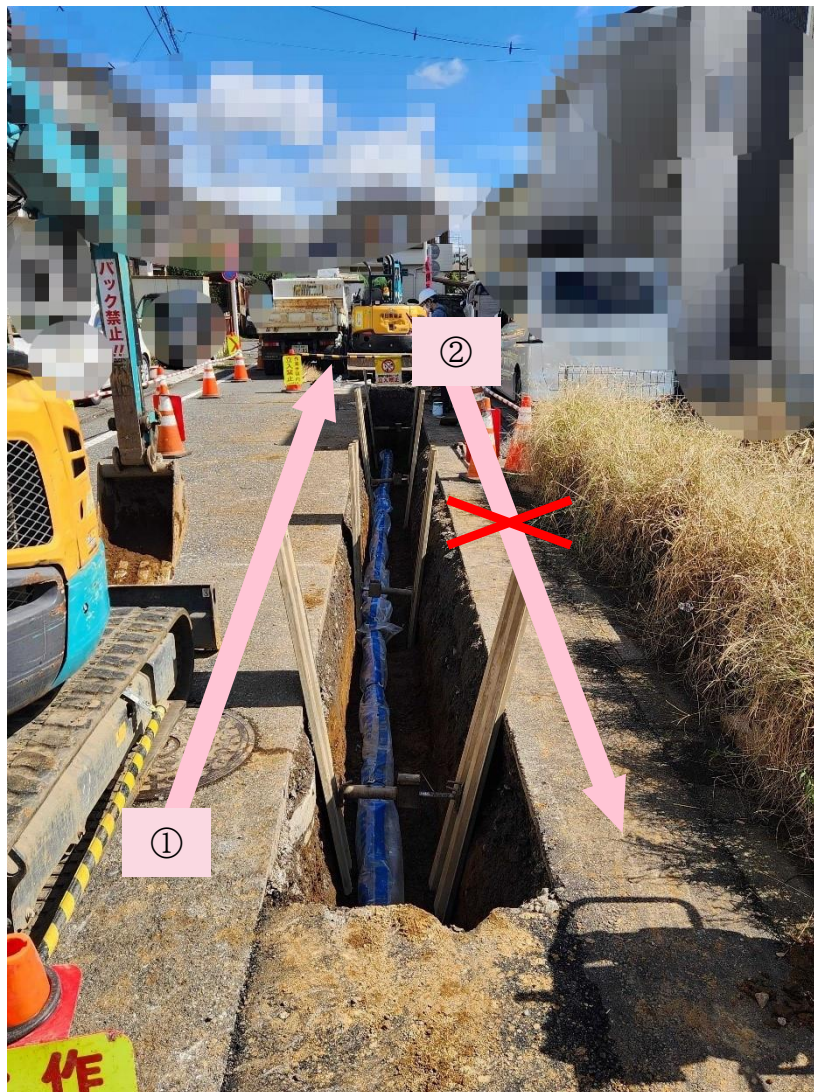


Figure 12 同じ箇所を往復してスキャンする望ましくない経路設定の例

### 3.4 明るさの確保

点群データを暗い環境で取得しようとする、「視認性の低下」や「点群データのズレ」を引き起こす可能性があるため、明るい環境での作業が望ましい。ここでは、明るさの不足によって発生する課題の詳細を整理した上で、明るさを確保する方法について説明する。

#### 3.4.1 視認性の低下

点群データの色情報は LiDAR センサーではなく、同時に撮影されるカメラ画像から取得される。そのため、暗い環境で対策をせずにスキャンを実施すると、下図の様に全体的に暗く視認性が低い点群データが取得される。そのため、点群データを景観シミュレーションに利用する等、見栄えや視認性が重要視される利用目的の場合は、明るさを確保する必要がある。



Figure 13 前ページに掲載した図内の溝の点群データを真上から表示  
中央に水道管が存在するが、明るさが足りず視認性が低い点群データとなっている。

#### 3.4.2 点群データのズレ

スマートフォンのような可動式の点群取得機器を利用する場合、機器の自己位置推定にカメラ画像を使っているものがある。(自己位置推定の詳細: 4.1.1「前提知識: スマートフォンの自己位置推定」)  
その場合、暗い環境では位置推定が適切に実施できず点群データにズレが発生する。

iPad Pro の Scaniverse という点群データ取得用のアプリを利用して、いくつかの明るさで点群データが適切に取得できるかを検証した。結果を Table 1 に示す。利用する機材・アプリやスキャン対象等によって基準は異なるが、目安として照度が 2.5 ルクスを下回る明るさでは点群データが適切に取得できない可能性が高い。

Table 1 暗い環境での点群取得可否の検証結果

	環境①	環境②	環境③
照度(目安)	30~35 ルクス	2.5~3.0 ルクス	0.2~0.3 ルクス
カメラ画像			
	※ iPad Pro の標準カメラで撮影した。人の目だと写真より少し明るく見える。 例えば、一番右の環境でも人の目では周囲の状況は確認できた。		
点群取得	問題無く取得できた。	基本的に取得できたが、影等で暗くなると取得できないことがあった。*	取得できなかった。*

※ 検証に用いた iOS アプリ「Scaniverse」では、位置推定が適切にできないとスキャンを停止するため、位置ズレが発生するのではなく点群取得自体ができなかった。

### 3.4.3 明るさを確保する方法

#### (1) 暗い環境で比較的小さい地物をスキャンする場合

暗い環境で小さい地物や狭いエリアをスキャンする場合、懐中電灯のような小型の照明を可動式の点群取得用機材と組み合わせて利用することが有効である。スキャンしている箇所を懐中電灯でスポット的に照らしながら移動することで、位置推定も適切に実施される上、全体的に視認性の高い点群データを取得することができる。

#### (2) 暗い環境で広いエリアをスキャンする場合

広範囲のエリアをスキャンする際は遠距離までスキャン可能な固定式の点群取得用機材を利用することが一般的であるが、その場合はエリア全体を照らすことができる大規模な照明が必要となる。しかし、大規模な照明の準備は容易ではないため、視認性を求める場合は、昼間の明るい時間帯にスキャン作業ができるよう事前調整することが望ましい。固定式の機材は自己位置推定が不要なため、視認性が不要であれば暗い環境で取得しても問題はない。

事前調整が難しい場合や緊急性が高い場合は、視認性を高めたい箇所を選定し集中的に照らすことが効果的である。水道管の例では、溝内全体を明るく照らすことが難しい場合は、水道管の重要な箇所だけをスポット的に照らすことが考えられる。

## 4. 点群データ取得時のポイント

---

### 4.1 ゆっくりと移動しながらスキャンする

本節では、正確な点群データを取得するためのポイントのひとつである「ゆっくりと移動しながらスキャンする」ことについて説明する。このポイントは、スマートフォンの動きを正しく推定し正確な点群データを取得するためには不可欠な要素である。

#### 4.1.1 前提知識：スマートフォンの自己位置推定

スマートフォンに搭載された LiDAR センサーを用いて点群データを取得する際、点群データのスキャンと同時に「自己位置推定」という処理がされている。自己位置推定とは、スキャン開始位置を基準として、スマートフォン自体が相対的にどの位置にいて、スマートフォンの向きがどの方向を向いているかを把握するための技術である。スマートフォン自体が自己位置推定を行いながら点群データのスキャンをすることで、スマートフォンを移動させながらスキャンしても矛盾の無い点群データの取得が可能となる。逆に、自己位置推定に失敗すると、点群データにズレが発生して適切なデータが取得できなくなる。

#### 4.1.2 点群データのズレを抑制するコツ

例えば、iPhone の自己位置推定<sup>1</sup>には Visual-Internal Odometry (VIO) という技術が利用されており、カメラ画像とモーションセンサー(加速度センサー、ジャイロセンサー等)から取得した iPhone の動きに関するデータを組み合わせて iPhone の位置・向き等を感じている。iPhone を急激に動かしてセンサー値が異常値となったり、振り返って誤差が蓄積したりすると、正確な自己位置推定ができなくなる可能性がある。自己位置推定に誤差が発生すると Figure 14 のように点群データにズレが発生する。そのため、**点群データをスキャンする時は、ゆっくりと一定の速度で動くが良い**。そうすることで、iPhone は自分の位置と向きを正確に推定し続けることができ、結果としてズレが無い高精度な点群データが得られる可能性が高くなる。

---

<sup>1</sup> Apple Developer Documentation 「Understanding World Tracking」  
[https://developer.apple.com/documentation/arkit/arkit\\_in\\_ios/configuration\\_objects/understanding\\_world\\_tracking](https://developer.apple.com/documentation/arkit/arkit_in_ios/configuration_objects/understanding_world_tracking)



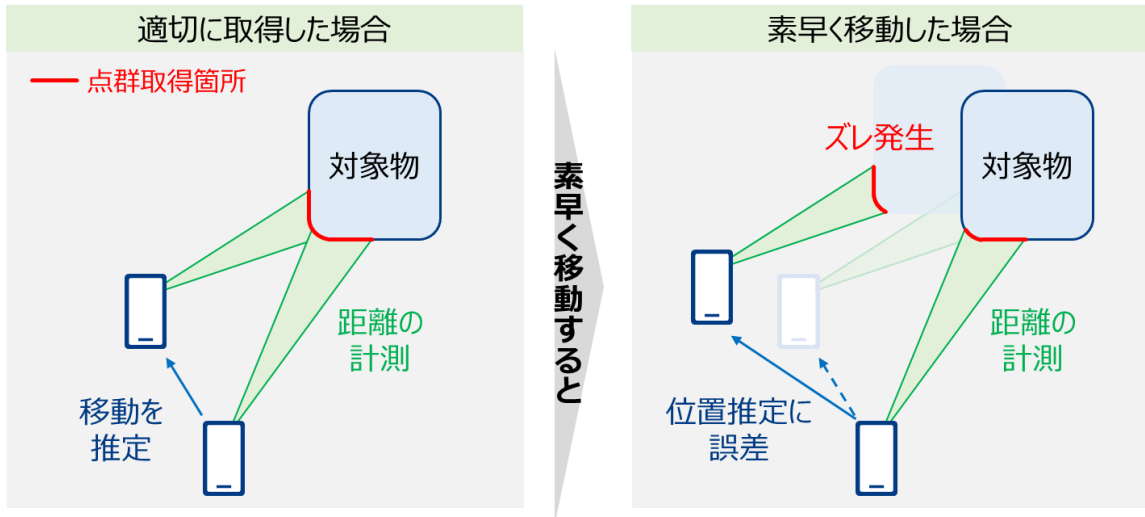


Figure 14 点群データにズレが発生する仕組みのイメージ

## 4.2 センサーを正面に向けてスキャンする

本節では、点群データを取得するためのポイントの一つである「センサーを正面に向けてスキャンする」ことについて説明する。このポイントは、点群データの点密度に影響する要素である。

### 4.2.1 点密度の高い点群データを取得するコツ

多くの LiDAR センサーは、放射状に等間隔のレーザーを照射する。センサーを対象物に対して正面に向けてスキャンした場合、Figure 15 左図のようにレーザーは対象物表面に対して入射角が小さく垂直に近い向きで到達する。一方で、センサーを対象物に対して斜めに向けてスキャンした場合、Figure 15 右図のようにレーザーは対象物表面に対して入射角が大きい方向から到達する。そのため、センサーを正面に向けてスキャンした時の方が同じ面積に当たるレーザーの量が多くなり、より点密度の高い点群データを取得することができる。

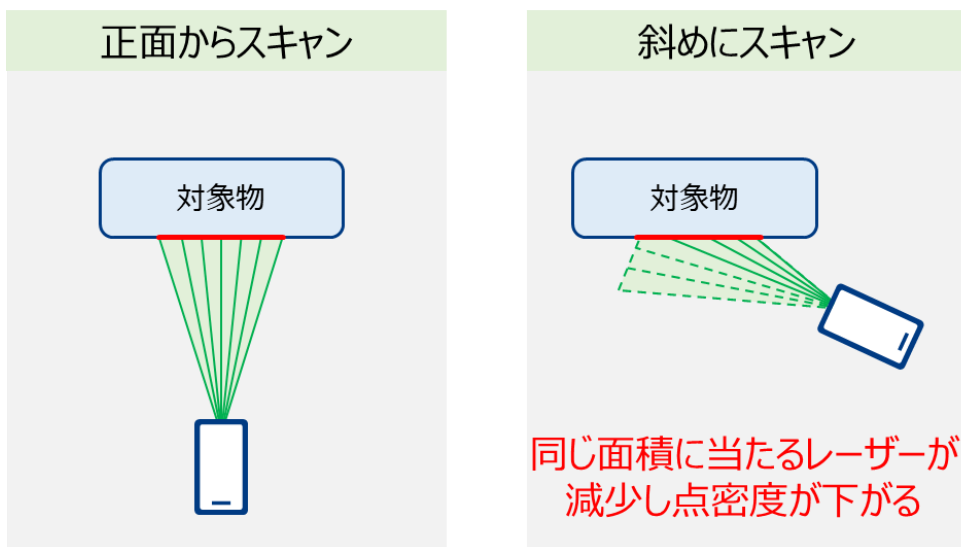


Figure 15 スキャン方向によるレーザーの当たり方の違いのイメージ

## 4.2.2 点群データの欠損を防ぐコツ

レーザーの入射角が大きいことは、点群データの欠損にも繋がる可能性がある。2.1「レーザーキャナによる点群データ取得の仕組み」に記載の通り、点群データは対象物表面で反射したレーザーをセンサーが受け取ることで取得される。入射角が大きいとセンサー方向へ反射するレーザーが少なくなり、点群データが取得されず欠損が発生する。

Figure 16 に点群データの欠損の例を示す。赤く表示されている部分は点群データが取得できていない部分を表している。中央にある柱について、センサーに対して正面を向いている面は全体がスキャンできている一方で、センサーに対して斜めを向いている面は所々赤く表示されていることが確認できる。

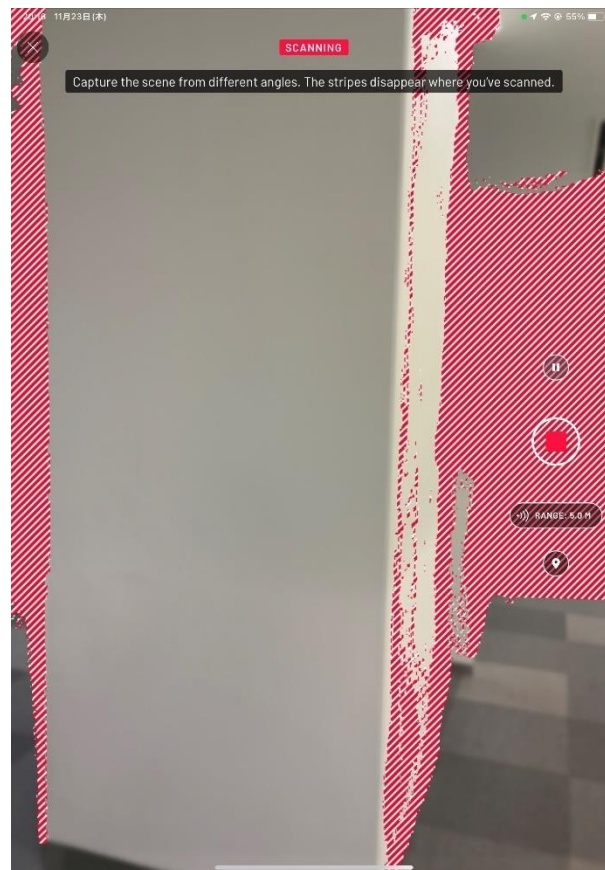


Figure 16 斜めからスキャンしたことによる点群データの欠損  
点群データが取得できていない部分が赤く表示されている。

## 4.3 同じ箇所を何度もスキャンしない

本節では、点群データを取得するためのポイントのひとつである「同じ箇所を何度もスキャンしない」ことについて説明する。広いエリアや大きい対象物をスキャンしていると、部分的にスキャン漏れが発生し、点群データが欠損することが発生する可能性がある。その際、スキャン漏れした場所に戻って再度スキャンを重ねてしまいたくなるが、同じ箇所を何度もスキャンすることは、以下に示すような様々な悪影響を及ぼすため避けるべきである。移動経路やスキャン方法を見直し、あくまで一度のスキャンで完了するようにすることが重要である。

### 4.3.1 データ品質の低下

同じ箇所のスキャンを繰り返すと、スマートフォンの自己位置推定の誤差や明るさ等の環境条件の違い等の微妙な違いが点群データの位置ズレや色・見た目の違いを生み、品質の低い点群データが取得される可能性がある。

### 4.3.2 データサイズの増大

スキャン漏れを埋めたり点密度を高めるために同じ箇所を何度もスキャンすると、部分的に点密度が過度に高くなる箇所が発生し、データサイズが増大する可能性が高い。データサイズが大きいと、点群データの後処理に時間が必要になったり、よりスペックの高いコンピュータでないと読み込めなくなる可能性がある。スキャン漏れ防止や点密度の向上のためには、同じ箇所のスキャンを繰り返すのではなく、4.1「ゆっくりと移動しながらスキャンする」や 4.2「センサーを正面に向けてスキャンする」を心がけると良い。

## 5. 取得した点群データの後処理

---

本章では、スマートフォン等により点群データを取得した後の活用にあたり必要となる後処理等について紹介する。また、基本的な機能については、無償ソフトである CloudCompare での実行方法を概説する。

取得した点群データはそのままで閲覧、長さの計測等に活用可能であるが、より精度の高い可視化や体積計測のためのノイズ除去、位置情報を設定し地図上にデータを位置付けるための位置合わせ作業等、用途によって必要な後処理が存在する。

### 5.1 基本的な機能

#### 5.1.1 点群データの閲覧

##### (1) 機能概要

点群処理ソフトウェアの最も基本的な機能である。ソフトウェアに点群データのファイルを読み込むと、Figure 17 のように点群データが表示される。この点群データを、視点を動かしながら様々な方向から閲覧することができる。



Figure 17 点群データをソフトウェア上で表示させた様子

##### (2) CloudCompare での利用方法

###### 1) 点群データの読み込み

メニューバーにある「ファイル > 開く」をクリックし、読み込みたい点群データのファイルを選択するか、読み込みたいファイルを Figure 18 のようにファイルを CloudCompare の画面上にドラッグ&ドロップする。読み込み時の設定が表示されるので、「はい」をクリックしていくと点群データが読み込まれて画面上に自動的に表示される。

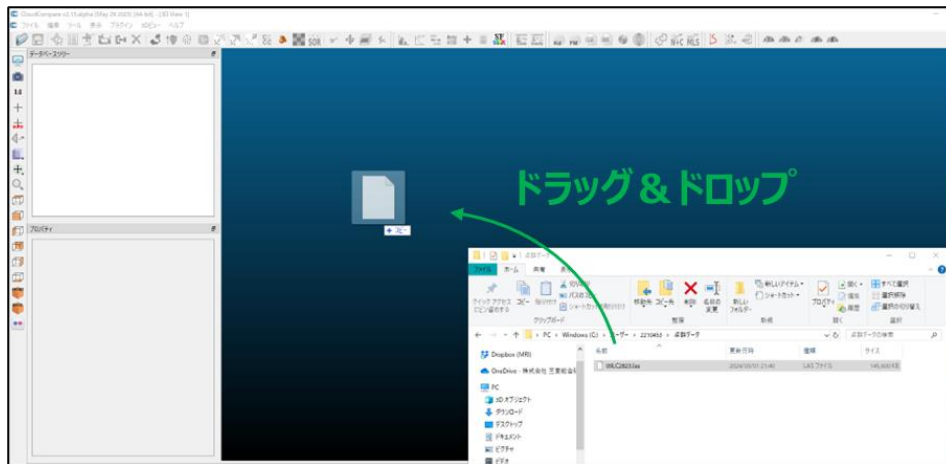


Figure 18 ドラッグ&ドロップによる点群データの読み込み

## 2) 様々な方向から点群データを閲覧

点群データを移動、回転、拡大・縮小させる方法は Table 2 に整理した通りである。ここで紹介する方法は CloudCompare 上のものであり、ソフトウェアによっては操作方法が異なる可能性があるため注意する。

Table 2 視点の動かし方

移動	画面上を右ドラッグすると、カーソルが上下方向の矢印に変わり、動かした方向に点群データを移動することができる。
回転	画面上をドラッグすると、Figure 19 のような赤・青・緑の球が表示され、点群データを回転させることができる。
拡大・縮小	画面上をスクロールすると、スクロール方向に応じて点群データ全体を拡大・縮小表示させることができる。



Figure 19 点群データを回転させる際の画面表示

## 5.1.2 大まかな位置合わせ

### (1) 機能概要

点群データはその取得方法によっては位置座標が付与されていないことがある。その場合、正しい位置座標を持つ別の点群データ等を参照して位置合わせをする必要がある。位置合わせの方法はいくつか存在するが、最も基本的な方法は手で点群データを動かすことである。点群データが重なるように目で確認しながら動かすため、厳密な位置合わせはできないが、大まかな位置合わせには利用可能な機能である。

また自動的な位置合わせの方法も存在する。2021年度に実施した実証 03「スマートフォンを活用した 3D マップ更新検証」では、Figure 20 に示すようにスマートフォンで取得した位置情報を持たない点群データを、位置情報を持つベース点群上にマッチングすることで、自動的に位置合わせする技術の検証をした。



スマートフォンによる点群取得

取得した点群

ベース点群への重ね合わせ

出所：2021年度 実証 03「スマートフォンを活用した 3D マップ更新検証」

<https://info.tokyo-digitaltwin.metro.tokyo.lg.jp/zissyou03/> (2024/03/05 閲覧)

Figure 20 自動位置合わせのイメージ

## (2) CloudCompare での手動位置合わせ方法

CloudCompare では、移動方向・回転軸を定めてからドラッグ・右ドラッグによって点群データを移動・回転させる。ここでは、閲覧時と違い、視点では無くて点群データの位置情報が変化している。具体的な手順は以下のとおりである。

- ✓ 移動させたい点群データを選択し、メニューバーの下にあるアイコン一覧から Figure 21 のような「移動・回転」アイコンをクリックする。
- ✓ 右上に表示された Figure 22 のようなメニューから移動方向と回転軸を設定する。
  - X 軸方向に移動させる場合 Tx のチェックボックスをクリック、同様に Y・Z 軸方向に移動させる場合 Ty・Tz のチェックボックスをクリック
  - 自由に回転させる場合 XYZ を選択、X・Y・Z 軸の周りに回転させる場合 X・Y・Z を選択
- ✓ 上記の設定後、右ドラッグすると点群データが移動し、左ドラッグすると点群データが回転する。
- ✓ 移動・回転を終えたら、右上のチェックマークをクリックすると変更が確定する。



Figure 21 「移動・回転」アイコン

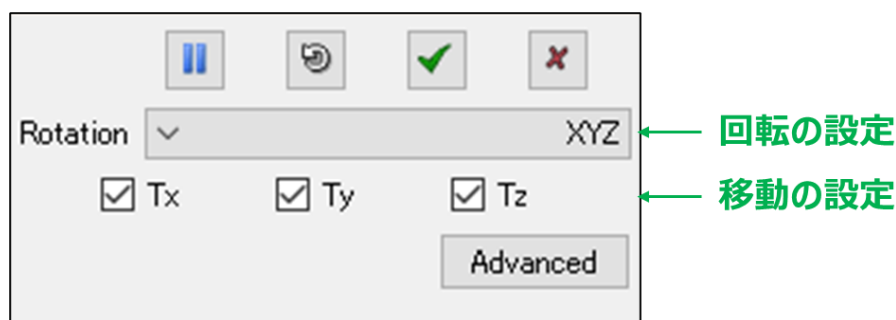


Figure 22 移動方向・回転軸の設定メニュー

### 5.1.3 ノイズ除去

#### (1) 機能概要

点群データの取得時には、センサーの計測誤差や人・自動車等の移動体が写り込むことに由来するノイズが発生する。ノイズは、Figure 23 のように、本来は物体が無い場所に点在していることが多い。そのため、他の点群から離れた位置に独立して存在しているような点を検出することで、ある程度ノイズを除去することができる。



Figure 23 ノイズの発生している点群データ

#### (2) CloudCompare での利用方法

CloudCompare では、「Statistical Outlier Removal (SOR) フィルター」を利用することで、ノイズを検出することができる。具体的な実行方法は下記のとおりである。適用結果の例を Figure 24 に示す。

- |   |                                                                      |
|---|----------------------------------------------------------------------|
| ✓ | メニューバーから「ツール > 除去 > SOR フィルター」をクリックし、パラメータを設定して実行するとノイズ除去後の点群が表示される。 |
| ✓ | 設定するパラメーターは Table 3 に記載した 2 つである。まずはデフォルトで実行し、実行結果を確認しながら調整すると良い。    |

Table 3 SOR フィルターで設定するパラメーター

Number of points to use for mean distance estimation	✓ 大きくするとより大きな点の集まりもノイズ判定される。
Standard deviation multiplier threshold	✓ 小さくするとノイズと判定される距離が短くなる。つまり、より多くの点が除去されるようになる。



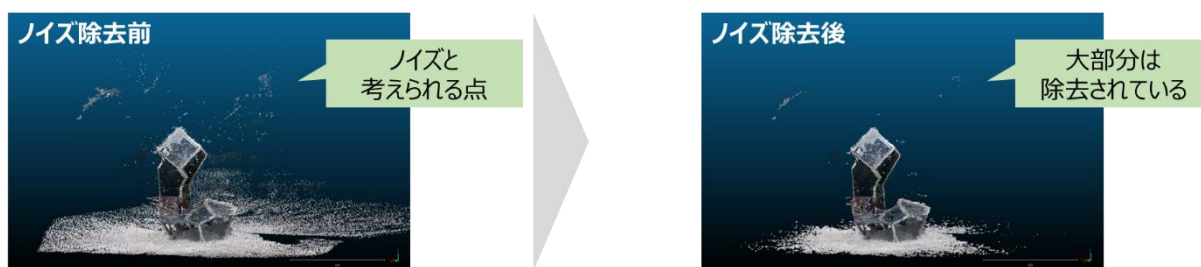


Figure 24 SOR フィルターの適用結果

## 5.1.4 距離計測

### (1) 機能概要

点群データ上で 2 点間の距離を計測することができる。点群データは実寸大で取得されているため、点群データ上での距離が現実空間での実際の長さと一致する。応用的な機能として、面積や体積を算出する機能も存在し、土量計算等に利用されることがある。

### (2) CloudCompare での利用方法

CloudCompare では、点群データ上で 2 点を選択することで、その間の距離や XYZ 軸方向の差分が算出される。具体的な方法は以下のとおり。

- ✓ メニューバーの下アイコン一覧から Figure 25 のように「ポイント選択」をクリックする。
- ✓ 画面右上に表示される Figure 26 のようなメニューから「Select 2 points and display segment information」を選択する。
- ✓ 距離を測りたい点群上の 2 点を順にクリックすると、その間の距離(Distance)や XYZ 座標の差分( $\Delta X$ 、 $\Delta XY$  等)が Figure 27 のように表示される。

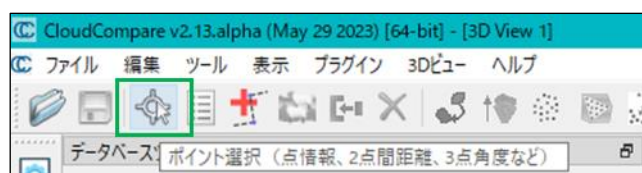


Figure 25 「ポイント選択」のアイコン



Figure 26 画面右上に表示されるメニュー(緑枠のアイコンを選択する)

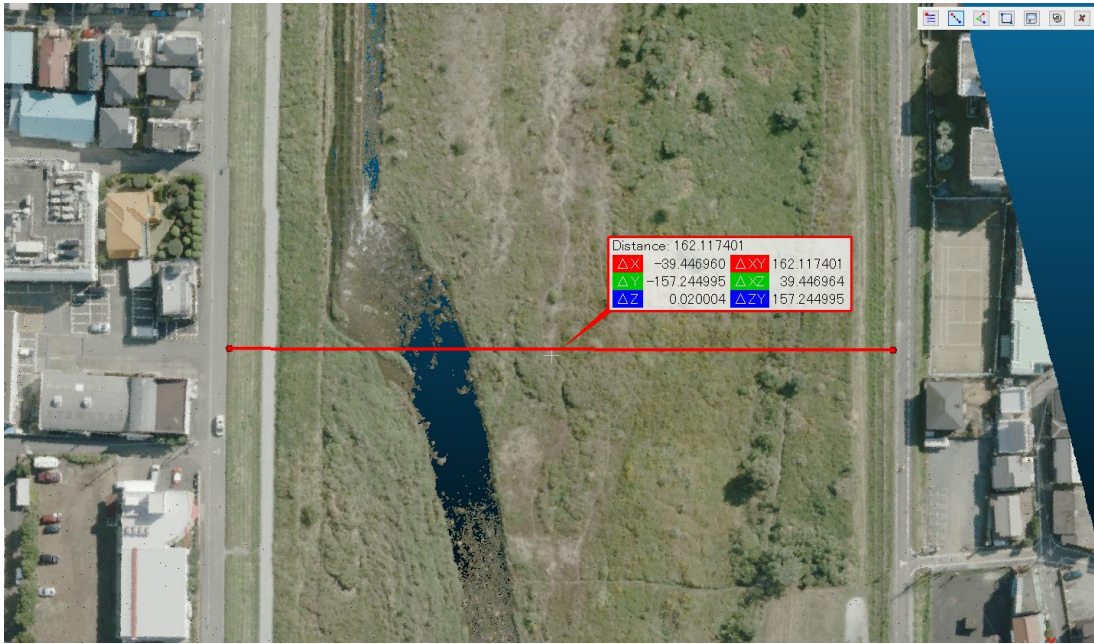
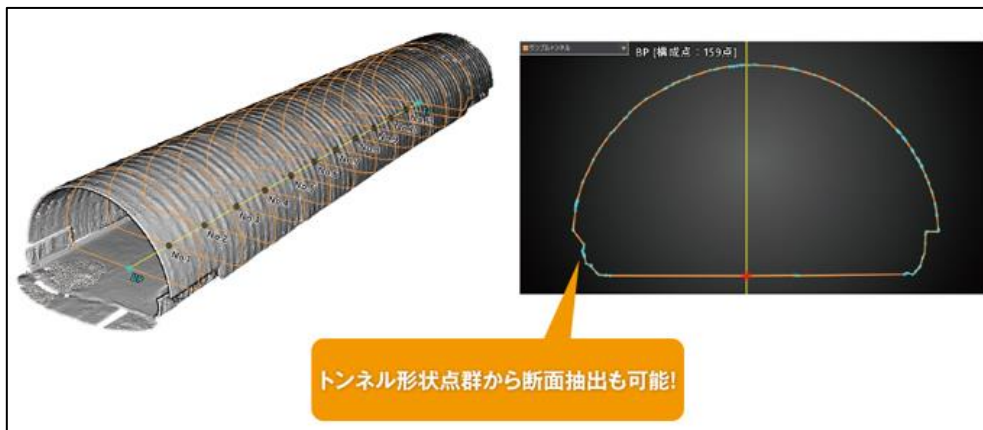


Figure 27 二点間距離の表示の様子

### 5.1.5 断面図の作成

#### (1) 機能概要

点群データの断面図を作成することができる機能であり、Figure 28 のように構造物の断面を抽出し、CAD 図面として出力することで設計図面の作成等に活用することが可能である。



出所：福井コンピュータ「TREND-POINT 機能一覧 断面抽出」  
<https://const.fukuicompu.co.jp/products/trendpoint/tengun.html> (2024/03/02 閲覧)

Figure 28 断面作成機能の活用事例

## (2) CloudCompare での利用方法

CloudCompare での断面抽出は、以下の手順で実施することができる。

- ✓ メニューバー下のアイコン一覧から Figure 29 のように「ポリラインに沿った点群を抽出する」をクリックする。すると、Figure 30 に示すメニューが画面右上に表示される。
- ✓ Figure 31 左図のように横断線の中心となる中心線を点群上の 2 点をクリックすることで設定する。右クリックをして選択を終了すると中央線がピンク色に表示されるので、メニュー上の「Create polyline by clicking on screen」をクリックして確定させる。
- ✓ 次にメニュー上の「Generate orthogonal sections along a path」をクリックし、step(横断線の間隔)と width(横断線の長さ)を設定して OK をクリックする。すると、Figure 31 右図のようにピンク色の横断線が表示される。
- ✓ メニュー上の「Extract points along active sections」をクリックして OK を押すと断面図が作成される。メニュー上の「Close the tool」をクリックすると断面図が表示される。断面図と点群データが重なっているため、点群データを非表示にすることで Figure 32 のような断面図を確認できる。

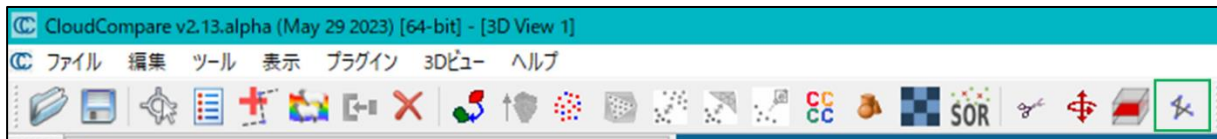


Figure 29 「ポリラインに沿った点群を抽出する」のアイコン



緑枠で囲まれたアイコン左から

- ✓ Create polyline by clicking on screen
- ✓ Generate orthogonal sections along a path
- ✓ Extract points along active sections
- ✓ Close the tool

Figure 30 画面右上に表示されるメニュー

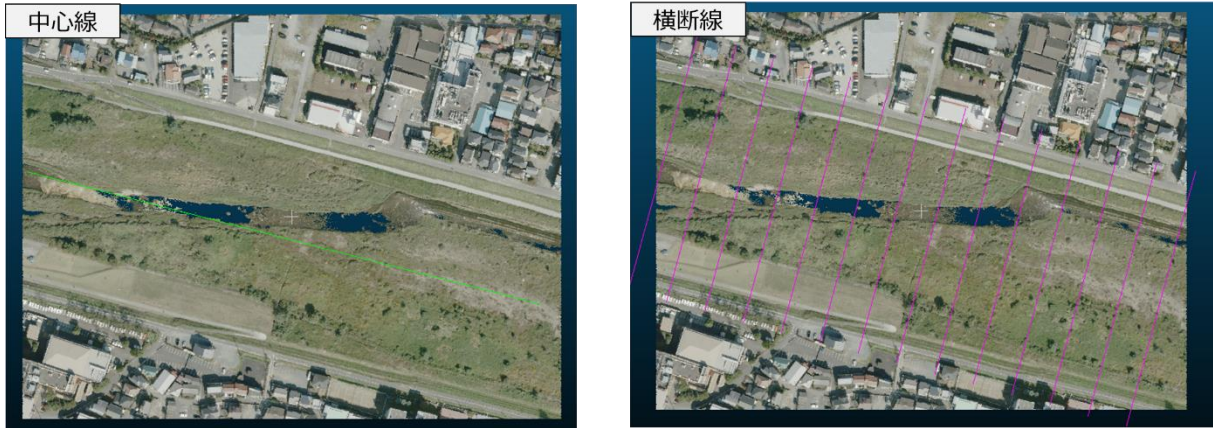


Figure 31 中心線・横断線の設定

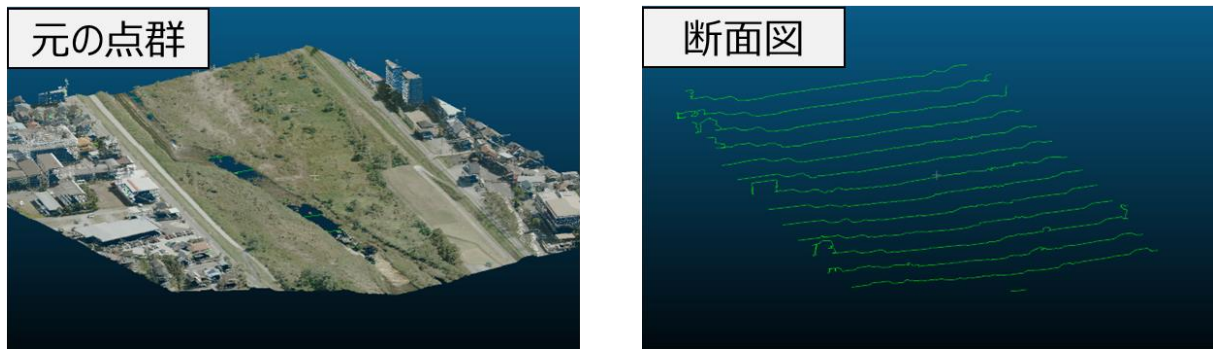
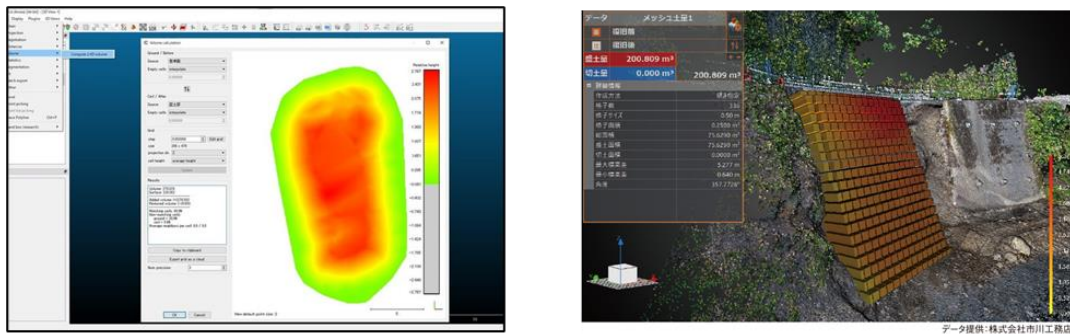


Figure 32 作成される断面図のイメージ

## 5.2 応用的な機能（機能紹介のみ）

### 5.2.1 体積の算出

5.1.4 (1)に記載のとおり、点群データは実測値であるため体積の算出も可能である。点群データを利用して体積を算出することで、傾斜部分の土量計算や土砂災害の前後での土砂流出量推定等に活用することができる。



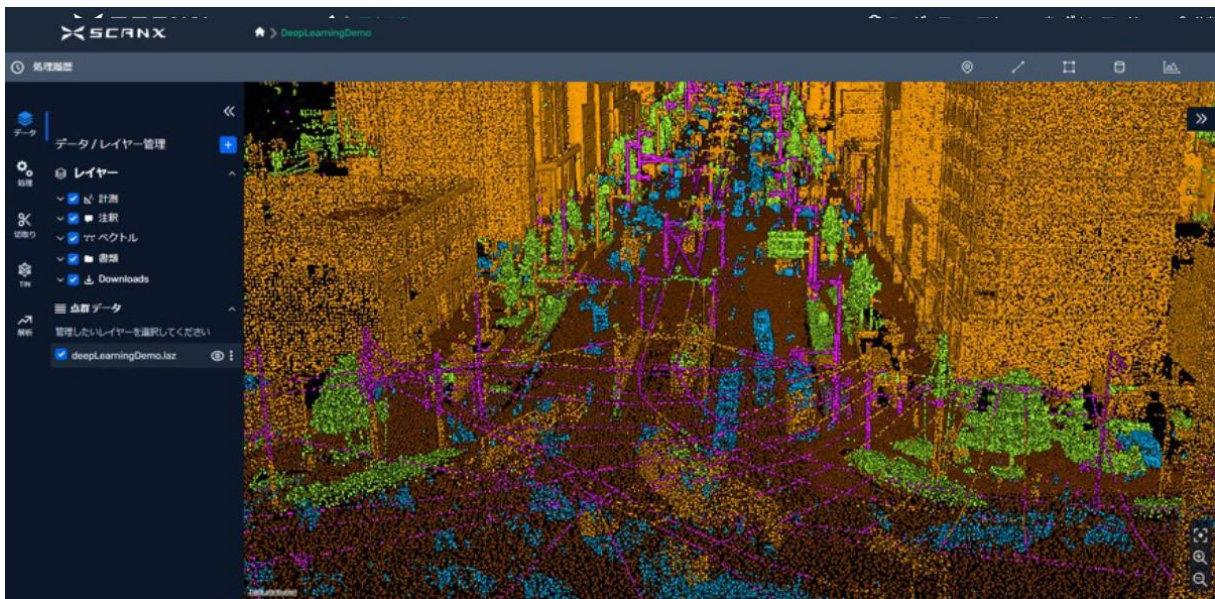
出所: iwama note <https://note.com/iwamah1/n/n018247e7dbb5> (2024/01/12 閲覧)  
 福井コンピュータ TREND-POINT <https://const.fukuicompu.co.jp/products/trendpoint/doryou.html>

Figure 33 CloudCompare(左)とTREND-POINT(右)での土量計算のイメージ

## 5.2.2 点群の自動分類

近年のAI技術の発展により、点群データの各点が何の物体に含まれるかを自動的に分類することができるようになってきている。Figure 34 はローカスブルー株式会社が提供するソフトウェア「ScanX」上での点群自動分類のイメージである。

5.1.3 (1)では、点群データに含まれるノイズ除去について紹介したが、点群の自動分類機能を利用することで、ノイズ以外にも特定物体だけを消す、または残すことができるようになる。例えば、電柱に分類される点群だけを除去することで「無電柱化事業のイメージ作成」等に利用することが考えられる。



出所: ScanX ホームページ <https://scanx.jp/service/function> (2023/7/12 閲覧)

Figure 34 点群自動分類結果のイメージ

## 6. 取得した点群データの活用について

本章では、スマートフォン等により点群データを取得した後の活用方法について、代表的なものを例示する。

### 6.1 発災後の迅速かつ安全な状況把握・災害査定

スマートフォンは軽量かつ可搬性が高いことから、災害現場での点群取得等、災害査定への活用という用途が考えられる。小規模な土砂崩れ等の災害現場で、発災後すぐに簡易な機器で災害現場の計測を実施することが可能である。災害現場での計測作業は少人数かつ短時間で完了するほか、データは事後的な状況把握・計測、横断図作成、土砂流出量の概算等に活用が可能である。

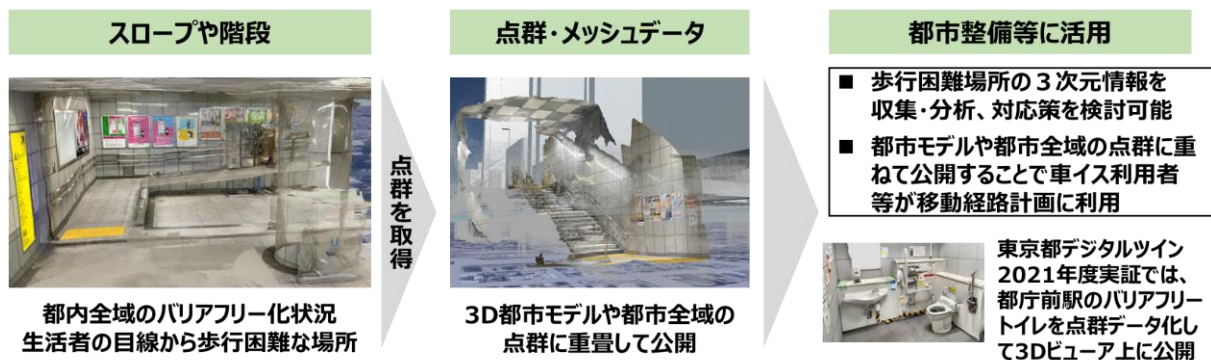


出所：国土交通省「デジタル技術を活用した災害査定の取組事例」 P.6 静岡県における取組事例  
[https://www.mlit.go.jp/river/bousai/hukkyu/pdf/digital\\_jirei.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/bousai/hukkyu/pdf/digital_jirei.pdf) (2023/4/20 閲覧)

Figure 35 発災後の迅速かつ安全な状況把握・災害査定のイメージ

### 6.2 施設設備の3次元的可視化・把握

簡易な3Dデータ取得は、バリアフリー化が完了している通路の可視化や経路案内等の補足情報にも活用可能である。歩行困難箇所やバリアフリー設備を簡易に取得・記録し公開することで、来訪予定の方などが3次元的に状況を把握可能な情報として活用できる。

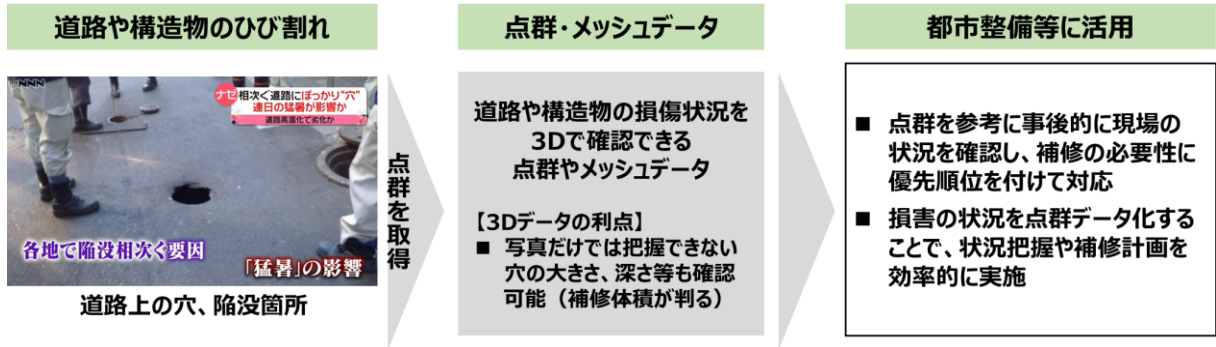


出所：東京都デジタルツイン 3Dビューア「2021年度実証 03 都庁前駅」  
<https://3dview.tokyo-digitaltwin.metro.tokyo.lg.jp/#share=s-cwmWO53PwagF3veQ> (2023/4/21 閲覧)  
 東京都デジタルツイン実現プロジェクト 2021年度 実証 03  
<https://info.tokyo-digitaltwin.metro.tokyo.lg.jp/zissyou03/> (2023/4/21 閲覧)

Figure 36 施設設備の3次元的可視化・把握のイメージ

### 6.3 道路状況の事後的な把握

道路や構造物の破損箇所等インフラの状況を表す点群データを、簡易的に点群取得可能な機材を利用して記録し、3D の記録データを事後的に関係者間で確認することで、関係者が現地に行かずに危険性や対策要否の判断が可能である。



出所：日テレ NEWS 「突然…道路の“陥没”相次ぐ 専門家は「猛暑」の影響を指摘」  
<https://news.yahoo.co.jp/articles/34ed7194190fb3c6a42afa100fc2d330a052cd6b> (2023/5/10 閲覧)

Figure 37 発災後の迅速かつ安全な状況把握・災害査定イメージ

### 6.4 地物の大きさの事後計測・別の場所における AR 表示の活用

アプリで記録した内容について、大きさを事後計測したり、別の場所における AR 表示したりすることも可能である。この機能を用いて、建設資材や仮設物等別の場所に設置予定のものをスキャンで計測しておき、長さの計測や AR 機能による配置イメージ検討に活用することが可能である。



出所：nanodaX <https://nanodax.com/2023/03/10/scaniverse/> (2024/02/16 閲覧)  
 STYLY MAGAZINE <https://styly.cc/ja/tips/lidar-scaniverse/> (2024/02/16 閲覧)

Figure 38 地物の大きさの事後計測・別の場所における AR 表示の活用イメージ

## 6.5 文化財等のデジタルアーカイブの生成・活用

文化財や歴史的建造物等の 3D データを記録することで、デジタルアーカイブの構築に活用可能である。文化財データに位置情報が付与されていれば、東京都デジタルツイン 3D ビューアを含む地図上での表示・管理も行うことができる。また、文化財のデータ取得・データ閲覧の工程は、教育分野の取組にも活用可能である。



出所：東京都デジタルツイン楽屋トーク 野口様提出資料（2024/02/16 閲覧）  
[https://speakerdeck.com/data\\_rikatsuyou/dezitarutuinle-wu-toku-ye-kou-yang-ti-chu-zi-liao-wen-hua-cai-dezitarutuinledu-shi-noguo-qu-toxian-zai-wotunagu?slide=24](https://speakerdeck.com/data_rikatsuyou/dezitarutuinle-wu-toku-ye-kou-yang-ti-chu-zi-liao-wen-hua-cai-dezitarutuinledu-shi-noguo-qu-toxian-zai-wotunagu?slide=24)

Figure 39 文化財等のデジタルアーカイブの生成・活用イメージ

## 6.6 設備等の状態の 3D ビューア等地図上での管理

組織で保有している設備の状態等について地図上で 3D データを用いて記録・管理するという用途も考えられる。管理している設備等を位置情報付きでスキャンし、3D ビューア等地図に掲載し、メタデータとしてデータ取得時期等を登録することで実現可能である。



Figure 40 設備等の状態の 3D ビューア等地図上での管理イメージ



## 参考文献

---

- Apple Developer Documentation 「Understanding World Tracking」  
[https://developer.apple.com/documentation/arkit/arkit\\_in\\_ios/configuration\\_objects/understanding\\_world\\_tracking](https://developer.apple.com/documentation/arkit/arkit_in_ios/configuration_objects/understanding_world_tracking)
  - Scaniverse Support 「Scanning Tips」 <https://scaniverse.com/support>
  - MathWorks 「LiDAR」 <https://jp.mathworks.com/discovery/lidar.html>
  - ローカスブルー株式会社 note 「iPhone LiDAR の撮影の Tips」  
<https://note.com/locusblue/n/n1983f03944c8>
  - iwama note 「【初心者向け】iPhone 3D スキャンパーフェクトガイド」  
<https://note.com/iwamah1/n/n48a549845ae3>
- (本ドキュメント記載の参考文献は、いずれも 2024/3/18 参照)

点群データ取得・活用マニュアル

---

2024年3月

---