低空空撮技術活用研究会（第9回）　実習資料

2022年2月28日

千葉大学大学院園芸学研究科
生物環境気象学研究室
Lab. of Bio-Environmental Meteorology

Livox SLAMのインストールと点群の処理方法

濱　侃（千葉大学大学院園芸学研究院・助教）
a.hama@chiba-u.jp
松本　祐太郎（千葉大学大学院園芸学研究科）

資料の取り扱いについて

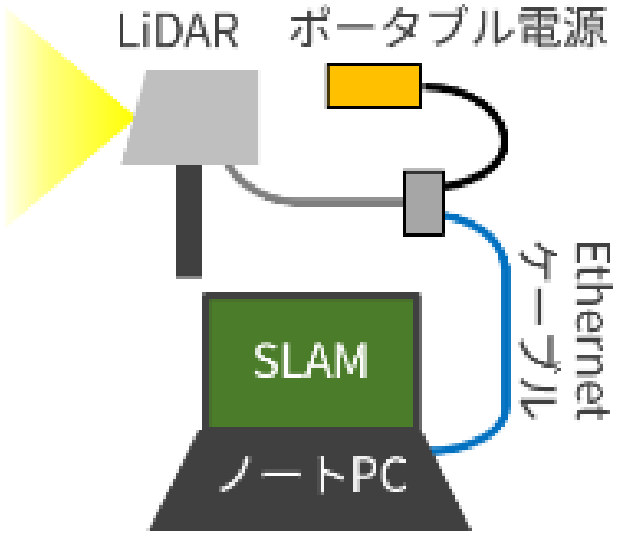
- この資料は，第9回低空空撮技術活用研究会の実習
  （2022年2月28日～3月2日）で使用したものです。
- この資料を使用した場合は，論文や報告書等の成果物の中で，その旨を明記してください（本文中で記載，または謝辞に記載）。

- この資料は，The University of Hong Kong Mars-Labがgithubで公開しているSDKを使用しています。

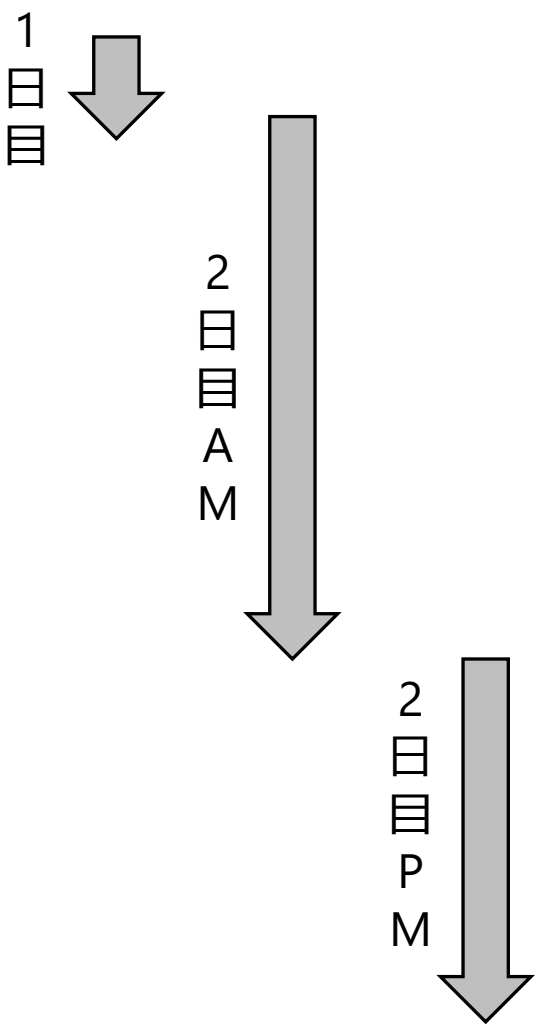
実習に必要な機材

- Livox社のLiDAR （Mid-70, Avia, Horizonなど)
- OSにUbuntu 18.04を使用したPC

  Ubuntuのインストールについては “livox_mapping_INSTALL.docx” を参照
- Ethernetケーブル
- ポータブル電源　10 ~ 15 V DC（with Converter 2.0: 9~30V DC）



実習の流れ

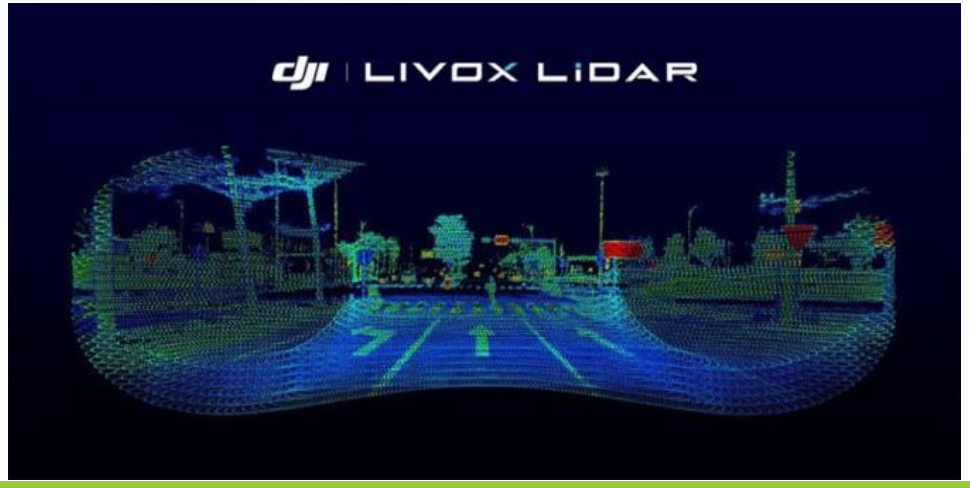


- 導入（イントロ）
- PC環境のセットアップ
- Livox-SDKのインストール
- Livox_ros_driverのインストール
- SLAMのインストール
  - Livox_mappingのインストール（Midシリーズ）
  - FAST-LIOのインストール（Avia, Horizon用）
- データの取得テスト
  - リアルタイムマッピング
  - 後処理マッピング
- CloudCompareを用いた点群処理

Livox社の台頭（DJIの子会社）

- 低価格帯（破格の安さ）のLiDARを発表
  - ➡ テスラの中国ライバル企業であるXpengでも採用

LiDARの価格
9万円～



自動運転とLiDAR

- 自動運転用のセンシング技術として注目され，関連技術は急速に進歩している（Li et al., 2020）
  - SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) の発展
    - 周囲の3次元地図を自動的に生成するアルゴリズム

LiDARの位置・向きの
情報を使用せずに
3次元地図の作成が可能に

  - 低価格化
    - 自動運転用としての需要が高まり，低価格な製品が登場
      (Hu et al., 2021)

▼

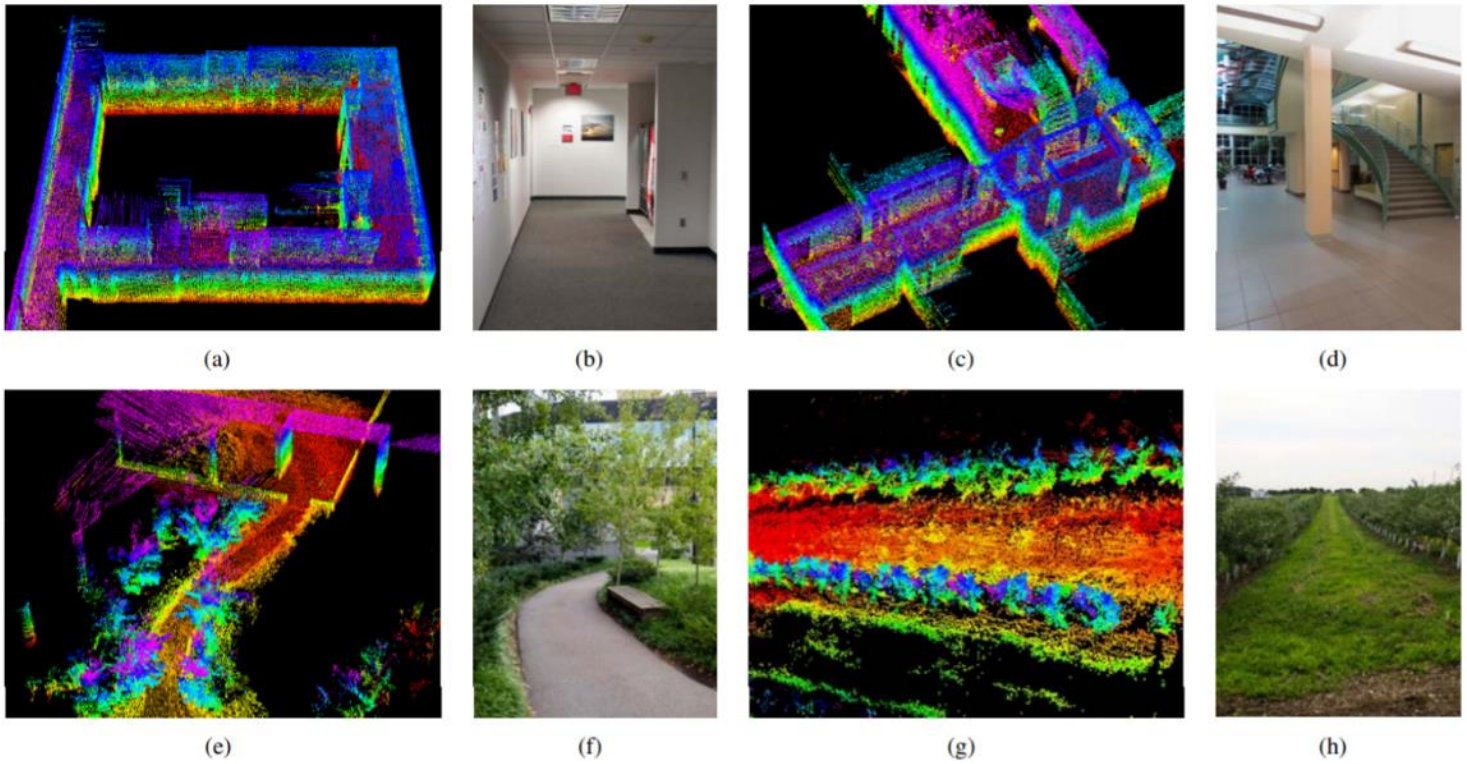
低コストかつ簡便にLiDARを使えるように

LiDARを使用した研究の障壁がなくなりつつある

今回使用するSLAMについて

- 元になっている技術：LOAM（Laser Odometry and Mapping）

➡ 点群からエッジ（corner）上の点と平面（surface）上の点の特徴点を抽出してレジストレーションに用いる。地図は，2Dや3Dの点群地図やグリッドマップ，ボクセルマップとして表現可能。



LOAM（Laser Odometry and Mapping）

- 点群の密度はフォトグラメトリーなどに比べて粗く，点群同士のマッチングにおいて，特徴が十分でない場合も。。。
  - 障害物が少ないような場所では移動体の位置を見失ってしまう。
  - 点群のマッチングは処理負荷が高く，高速化の工夫が必要。
- LOAMでは，移動量の推定（Odometry）と地図作成（Mapping）の頻度を変えることでリアルタイム処理に対応。

  ※実習でも試してみる

- 位置推定にはIMUなどの他の計測結果を組み合わせ可能。

Livox-SDKとPCスペック（Livox_mapping, FAST-LIO）

- 今回使用するSDKやCloudCompareは，**CPUが最も重要**。
  もちろんメモリ（RAM）も大切

- マッピングで生成される点群の量(密度)はPCの性能が高いほど多くなる。

例) 同じBAGファイル（生データ）でマッピング

1. ノートPC(Core i5 7300U)で実行　→　PCDファイルサイズ150MB
2. デスクトップPC(Core i7 4770)で実行　→　PCDファイルサイズ290MB
3. デスクトップPC(Core i9 9900k)で実行→　PCDファイルサイズ350MB

Livox-SDKとPCスペック（Livox_mapping, FAST-LIO）

- rosbagの再生速度を遅くするとマッピングされる点群の量は多くなる。
- 再生速度の変更は実行時末尾に -r <実行速度> を追加するだけ。

rosbag play <bagファイルのパス・ファイル名>.bag -r 0.5

この場合、再生速度は0.5倍になる。

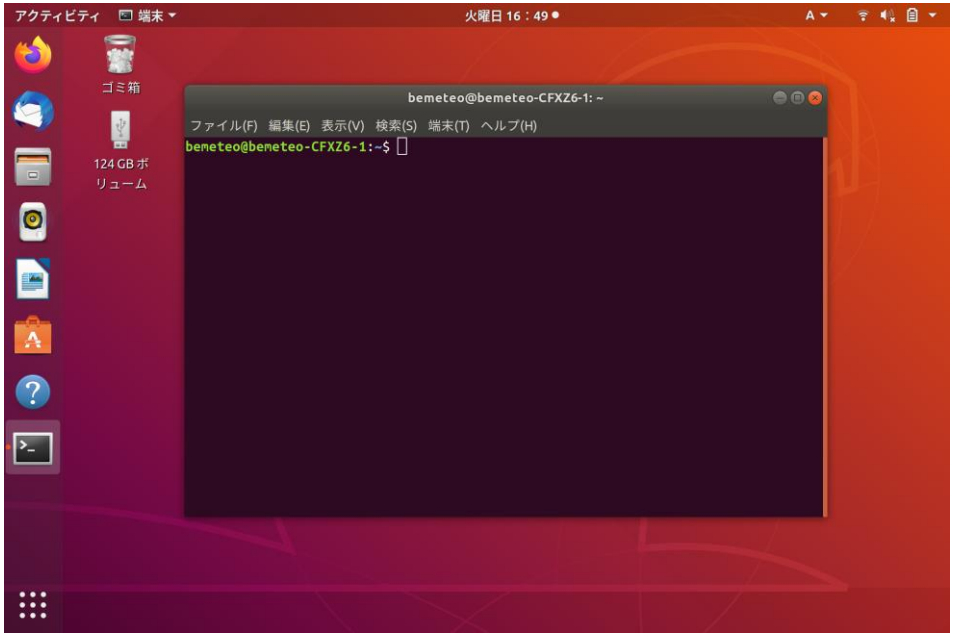
例) 2021/7/27撮影のBAGファイルでマッピング

1. 通常速度で実行　→　PCDファイルサイズ463MB
2. 0.5倍速で実行　→　PCDファイルサイズ758MB
3. 2.0倍速で実行　→　PCDファイルサイズ341MB

SLAMのインストール準備

PCのOSはUbuntu 18.04を使用

端末を開く (Ctrl+Alt+T)



- まずはLivox_mapping, FAST-LIOの動作に必要なプラットフォームなどをインストールする（以降のコマンドを入力して実行）

SLAMのインストール準備

ROS Melodicのインストール

- `sudo apt update`
- `sudo apt upgrade`
- `sudo sh -c 'echo "deb http://packages.ros.org/ros/ubuntu $(lsb_release -sc) main" > /etc/apt/sources.list.d/ros-latest.list'`
- `sudo apt install -y curl`
- `curl -sSL 'http://keyserver.ubuntu.com/pks/lookup?op=get&search=0xC1CF6E31E6BADE8868B172B4F42ED6FBAB17C654' | sudo apt-key add -`
- `sudo apt install -y ros-melodic-desktop-full`
- `sudo apt install python-rosdep`
- `sudo rosdep init`
- `rosdep update`
- `cd`
- `echo "source /opt/ros/melodic/setup.bash" >> ~/.bashrc`
- `source ~/.bashrc`
- `sudo apt install -y python-rosinstall python-rosinstall-generator python-wstool build-essential python-catkin-tools`

SLAMのインストール準備

Point Cloud Libraryのインストール

- `sudo apt install libpcl-dev`
- `sudo apt install cmake`

Eigenのインストール

- `cd`
- `git clone https://gitlab.com/libeigen/eigen.git`

OpenCVのインストール

- `sudo apt-get install libopencv-dev python3-opencv`

SLAMのインストール準備

Livox SDKのインストール

- cd
- sudo apt install cmake
- git clone https://github.com/Livox-SDK/Livox-SDK.git
- cd Livox-SDK
- cd build && cmake ..
- make
- sudo make install

Livox_ros_driverのインストール

- cd
- git clone https://github.com/Livox-SDK/livox_ros_driver.git ws_livox/src
- cd ws_livox
- catkin_make
- source ./devel/setup.sh

Livox_mappingのインストール（Midシリーズ）

準備が整ったので，最後にLivox_mappingをインストールする

- `cd`
- `mkdir -p catkin_ws/src`
- `cp -r ~/ws_livox/src/livox_ros_driver ~/catkin_ws/src/`
- `cd ~/catkin_ws/src`
- `git clone https://github.com/Livox-SDK/livox_mapping.git`
- `cd ..`
- `catkin_make`　※エラーでるかも要注意
- `source ~/catkin_ws/devel/setup.bash`

▼

続いて保存場所などの詳細設定を行う

FAST-LIOのインストール（Avia, Horizon）

準備が整ったので，最後にFAST-LIOをインストールする

15ページのLivox_mappingのインストールを行った場合は赤枠内をとばす

```
cd
mkdir -p catkin_ws/src
cp -r ~/ws_livox/src/livox_ros_driver ~/catkin_ws/src/
cd ~/catkin_ws/src
git clone https://github.com/hku-mars/FAST_LIO.git
cd FAST_LIO
cd include
git rm -r ikd-Tree
git submodule add https://github.com/hku-mars/ikd-Tree
cd ikd-Tree/ikd-Tree
mv *.* ../
cd ~/catkin_ws
catkin_make
source devel/setup.bash
```

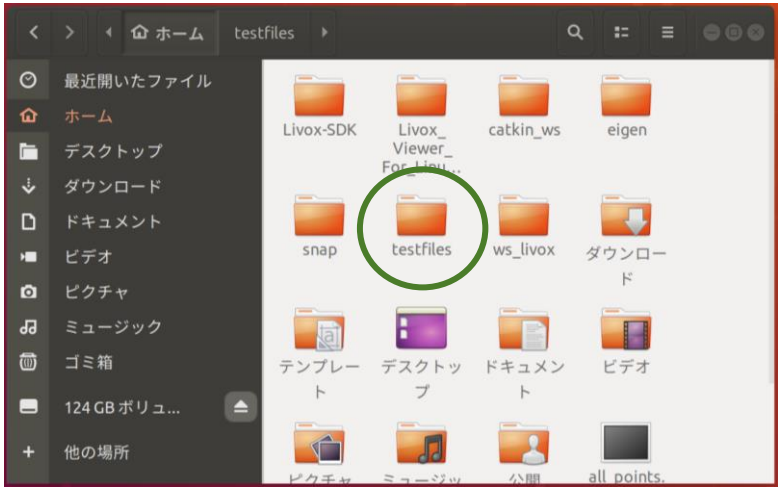
▼

続いて保存場所などの詳細設定を行う

SLAMの詳細設定

点群ファイル保存場所の設定

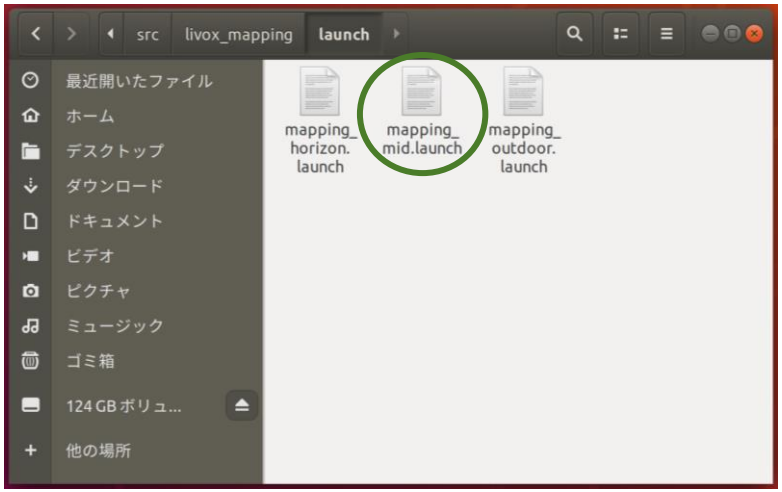
- 任意の場所に保存場所を作る
  （例: /home/<ユーザー名>
  /testfiles）



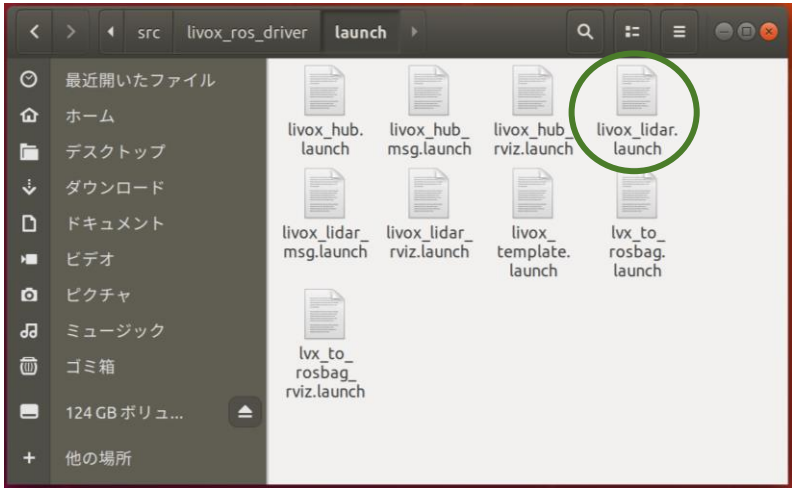
- ~/catkin_ws/src/
  livox_mapping/launch/
  mapping_mid.launchを開く
  - 9行目を変更

```
<param name="map_file_path" type=
"string" value="/home/<ユーザー名>
/testfiles" />
```

→保存



SLAMの詳細設定（livox_mapping, FAST-LIO）



- ~/catkin_ws/src/livox_ros_driver/launch/livox_lidar.launchを開く（FAST-LIOの場合は，livox_lidar_msg.launch）
  - 11行目を変更

```
<arg name="rosbag_enable" default="true"/>
```

  - 39行目を変更

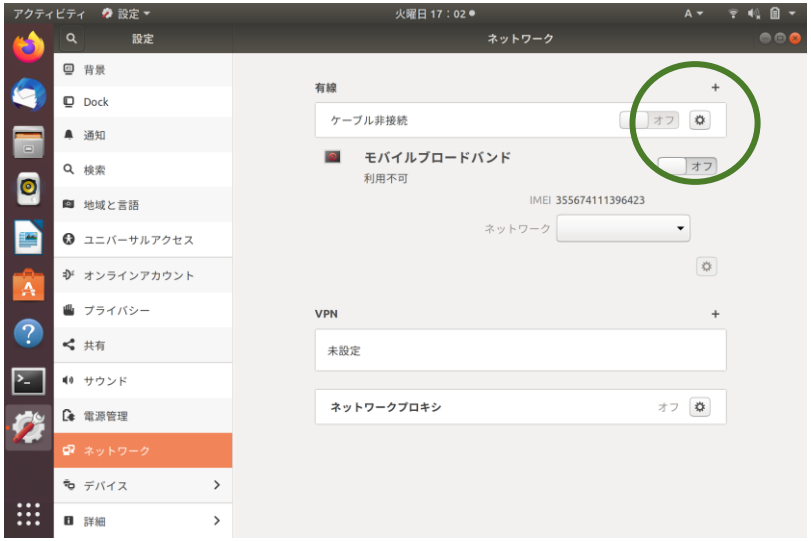
```
<node pkg="rosbag" type="record" name="record" output="screen"
args="-a -O /home/<ユーザー名>/testfiles/test.bag"/>
```

→保存

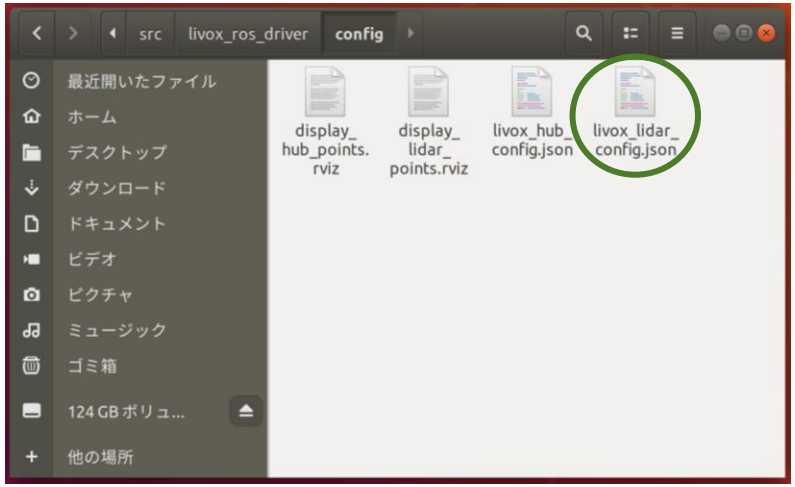
SLAMの詳細設定

有線LANの設定

- 設定→ネットワークを開く
- IPv4の設定を以下のように変更
  - IPv4メゾッド: 手動
  - アドレス: 192.168.1.50
  - ネットマスク: 255.255.255.0
  - ゲートウェイ: 192.168.1.1



SLAMの詳細設定



撮影モードの設定

- catkin_ws/src/livox_ros_driver/configにあるlivox_lidar_config.jsonを開く
- “return_mode”の数字を変更する
  - 0: single first return (最初の反射を記録)
  - 1: strongest single return (最も強度の強い反射を記録)
  - 2: dual return (反射を2回まで記録)
  - 3: triple return（反射を3回まで記録）

SLAMの実行 - 撮影しながら行う場合（Livox_mapping）

LiDAR, PC, 電源を接続してLiDARを起動し，端末を開いて以下のコマンドを実行する

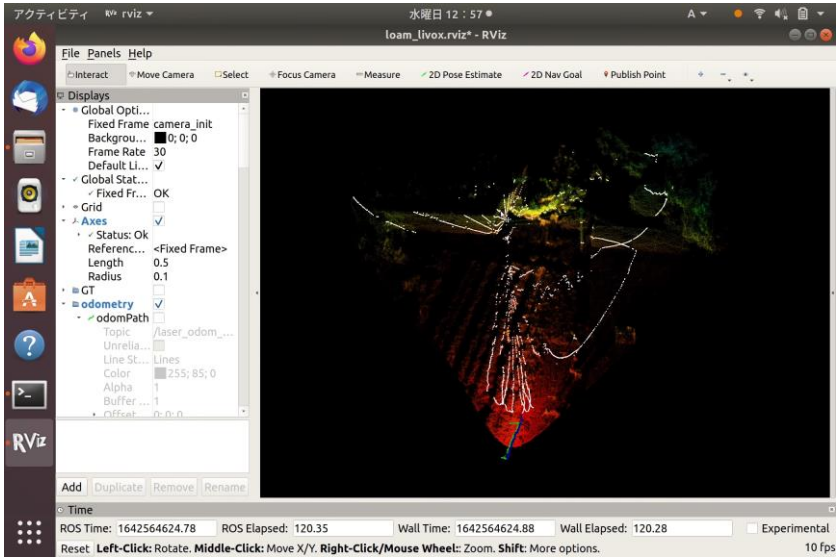
- `cd ~/catkin_ws/src`
- `source ~/catkin_ws/devel/setup.bash`
- `roslaunch livox_mapping mapping_mid.launch`

rvizが立ち上がるので，“Ctrl+Z”でプロセスを一時停止し，以下のコマンドを実行する

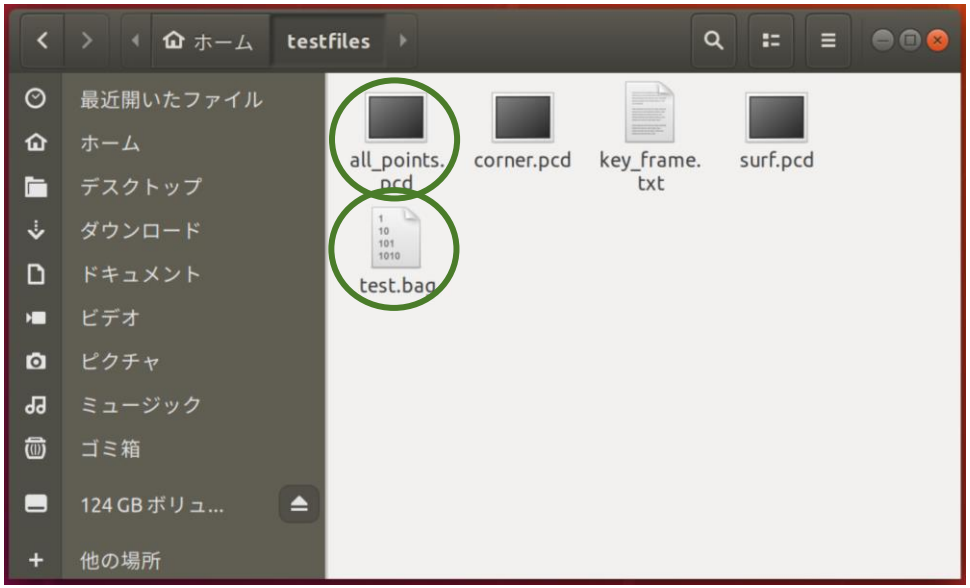
- `roslaunch livox_ros_driver livox_lidar.launch`

▼

マッピングが開始される



SLAMの実行 - 撮影しながら行う場合（Livox_mapping）



all_points.pcd
SLAMによって生成された点群データ

test.bag
LiDAR観測データを記録

マッピングを終了する場合は端末を閉じる

- 先ほど作成した保存場所にファイルが保存される
- ファイルは上書きされるため，続けて撮影する場合は保存されたファイルの名前を変更する

SLAMの実行 - 撮影しながら行う場合（FAST-LIO）

LiDAR, PC, 電源を接続してLiDARを起動し，端末を開いて以下のコマンドを実行する

- `cd ~/catkin_ws/src`
- `source ~/catkin_ws/devel/setup.bash`
- `roslaunch fast_lio mapping_avia.launch` (Avia)
- `roslaunch fast_lio mapping_horizon.launch` (Horizon)

rvizが立ち上がるので，“Ctrl+Z”でプロセスを一時停止し，以下のコマンドを実行する

- `roslaunch livox_ros_driver livox_lidar_msg.launch`

▼

マッピングが開始される

SLAMの実行 - bagファイルから行う場合

端末を起動し，以下のコマンドを実行する

- `cd ~/catkin_ws/src`
- `source ~/catkin_ws/devel/setup.bash`
- `roslaunch livox_mapping mapping_mid.launch` (Mid)
- `roslaunch fast_lio mapping_avia.launch` (Avia)
- `roslaunch fast_lio mapping_horizon.launch` (Horizon)

rvizが立ち上がるので，“Ctrl+Z”でプロセスを一時停止し，以下のコマンドを実行する

- `rosbag play <bagファイルのパス・ファイル名>.bag`

補足:
rosbagの再生速度を遅くすると生成される点の量（密度）が増加
変更は末尾に -r <実行速度>を追加するだけ

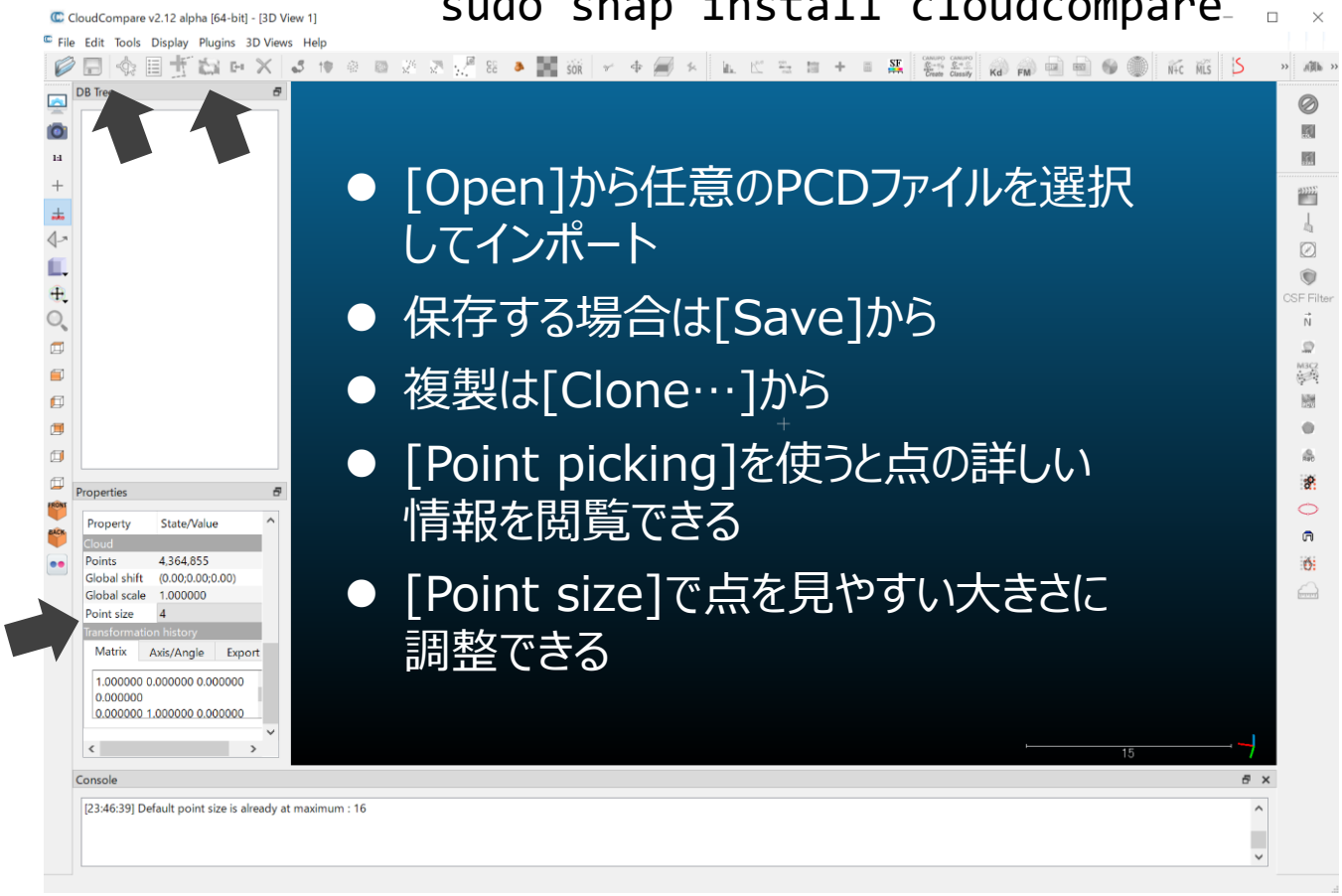
- `rosbag play <bagファイルのパス・ファイル名>.bag -r 0.5`

点群データの処理

CloudCompareを用いた点群データの処理

- 基本操作

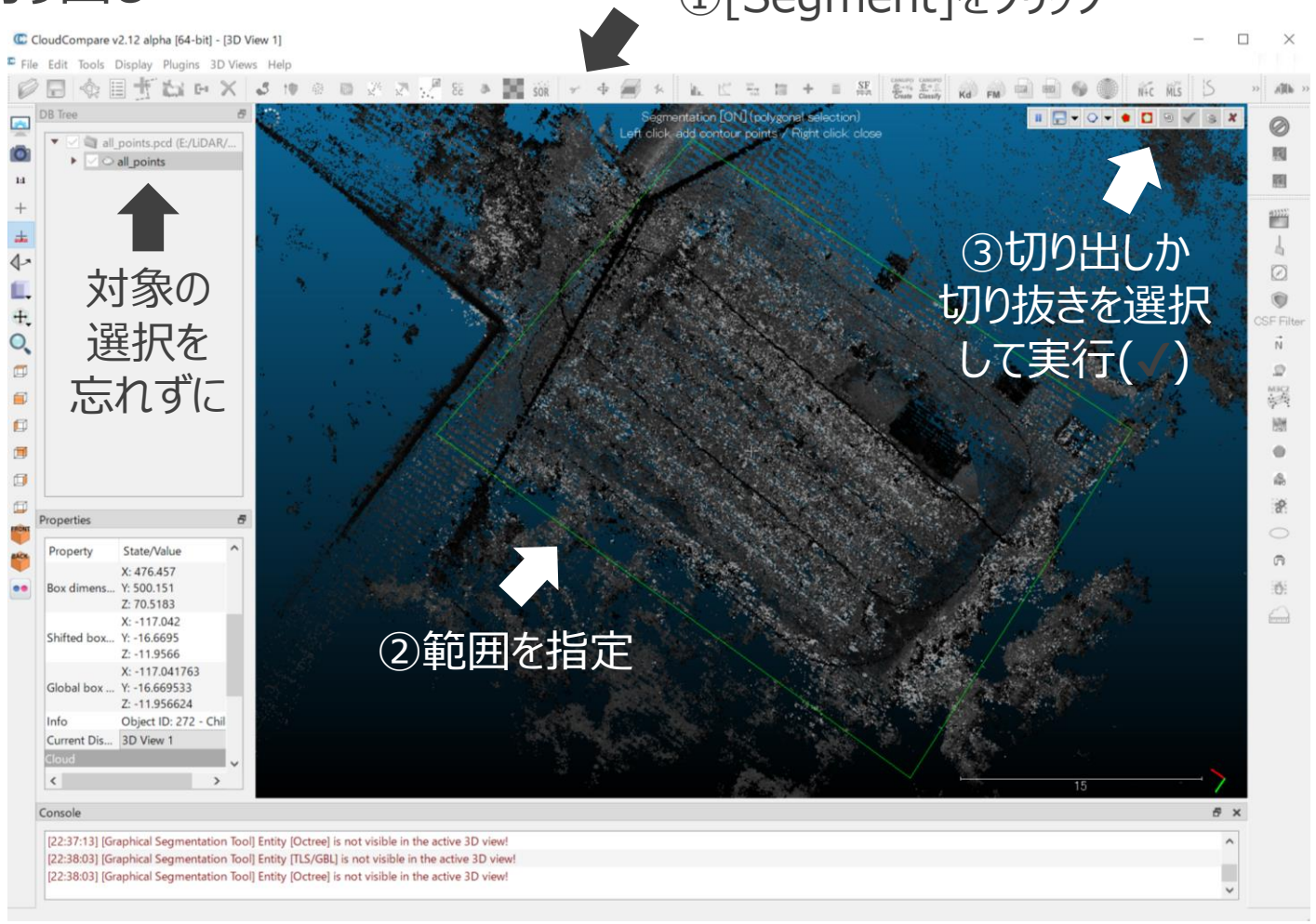
```
sudo apt install snapd
sudo snap install cloudcompare
```



- [Open]から任意のPCDファイルを選択してインポート
- 保存する場合は[Save]から
- 複製は[Clone…]から
- [Point picking]を使うと点の詳しい情報を閲覧できる
- [Point size]で点を見やすい大きさに調整できる

点群データの処理

- 切り出し

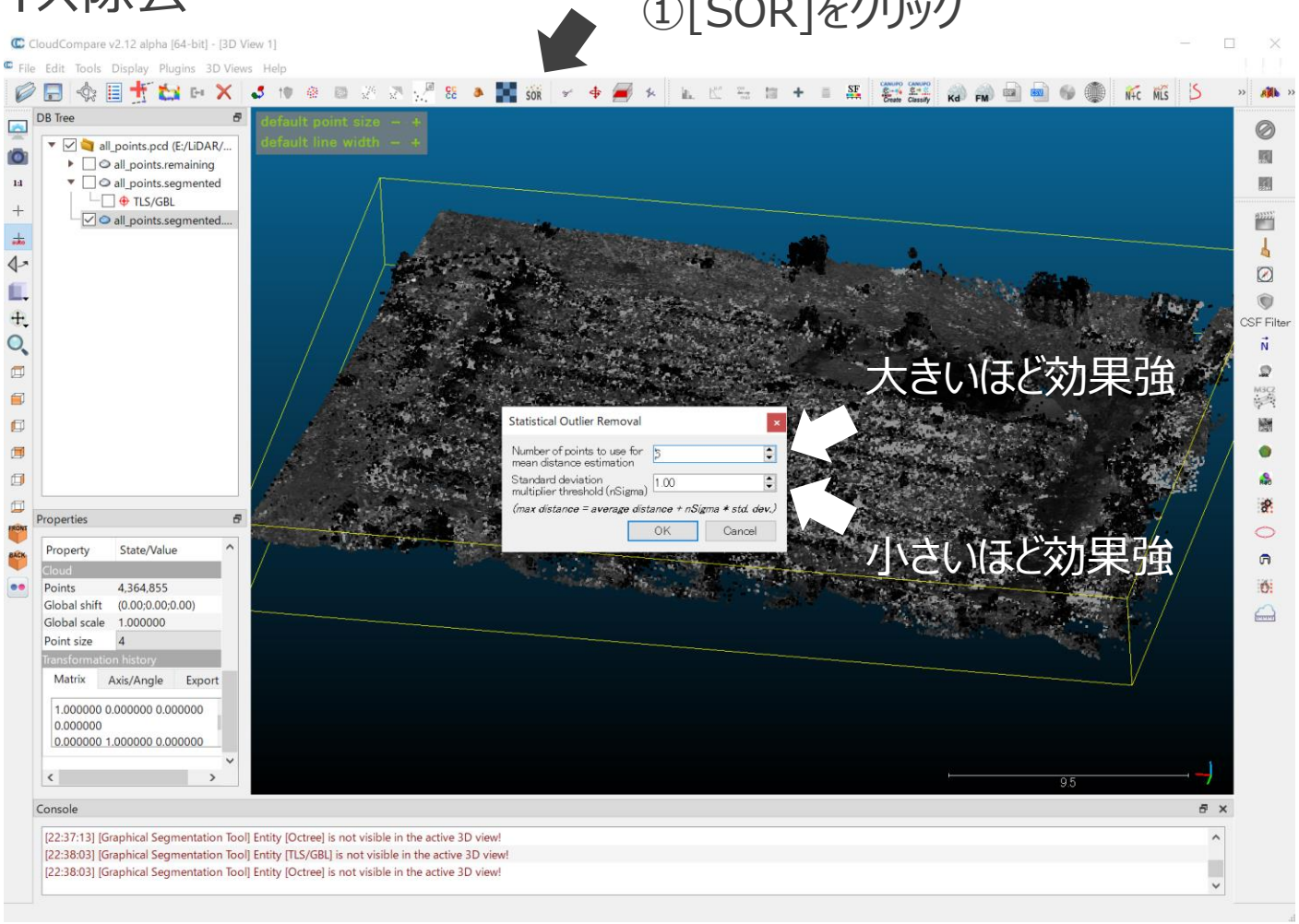


点群データの処理

- Cross Sectionを使うと任意の立方体の範囲で切り出せる

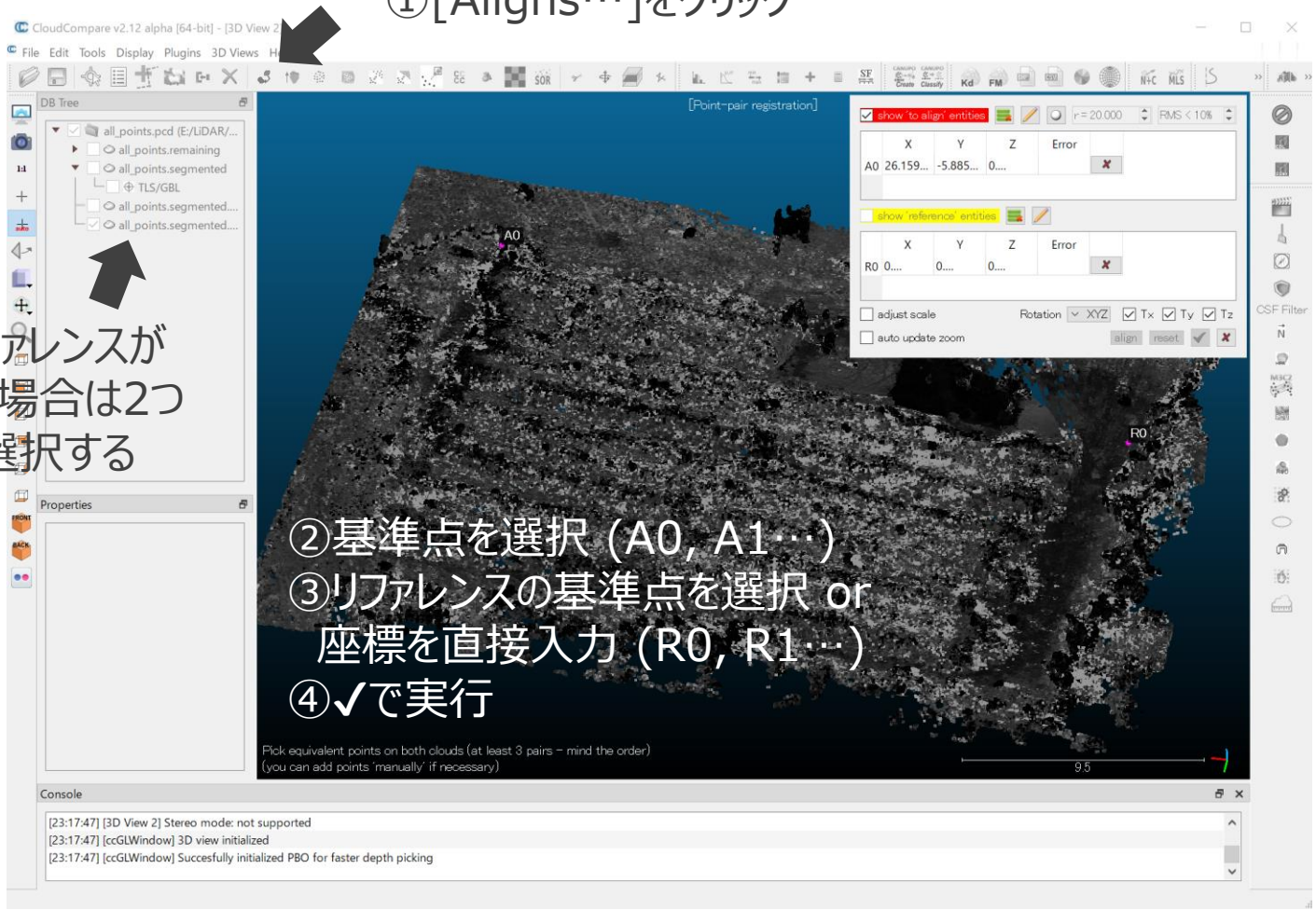
点群データの処理

- ノイズ除去



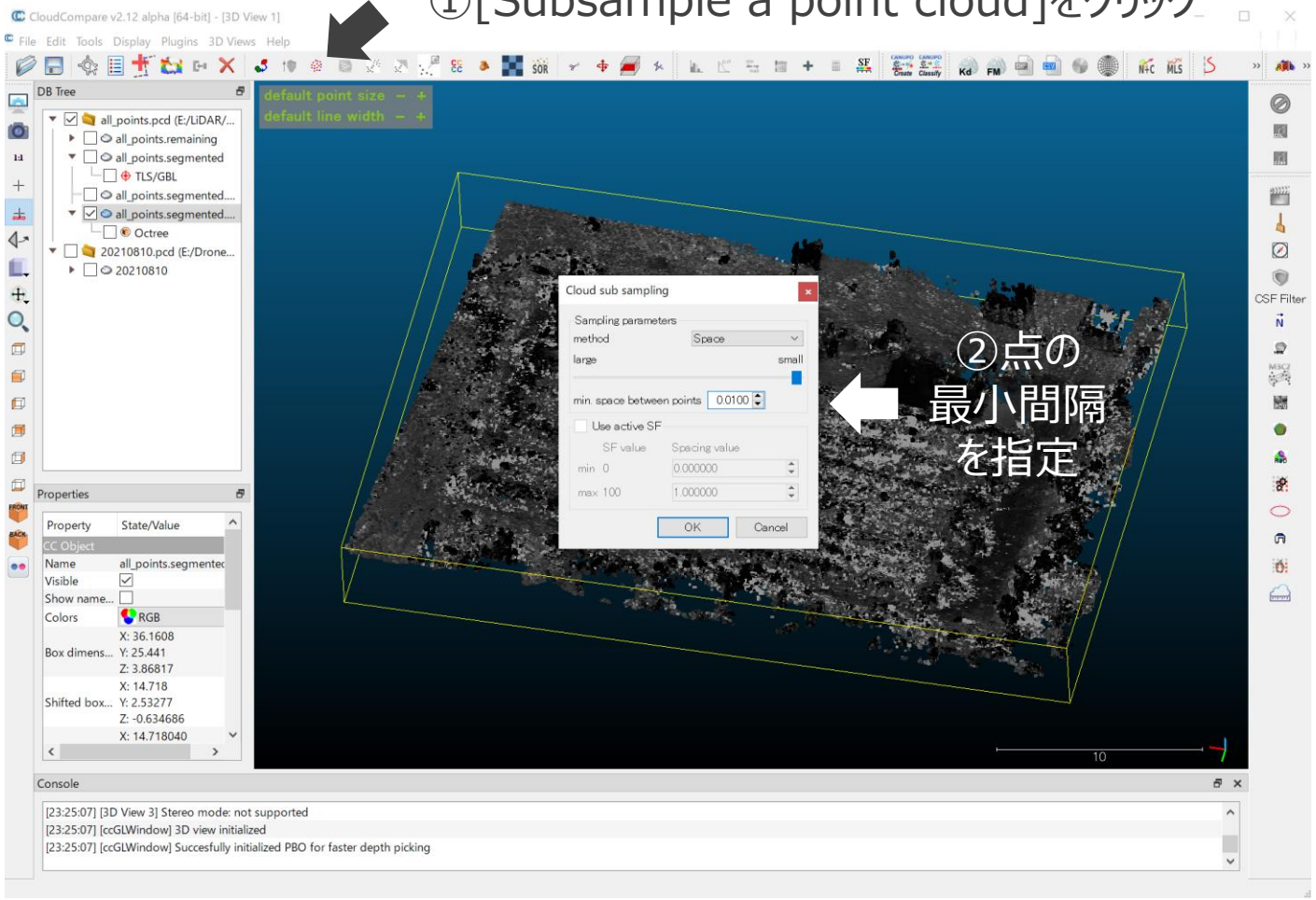
点群データの処理

- 位置合わせ



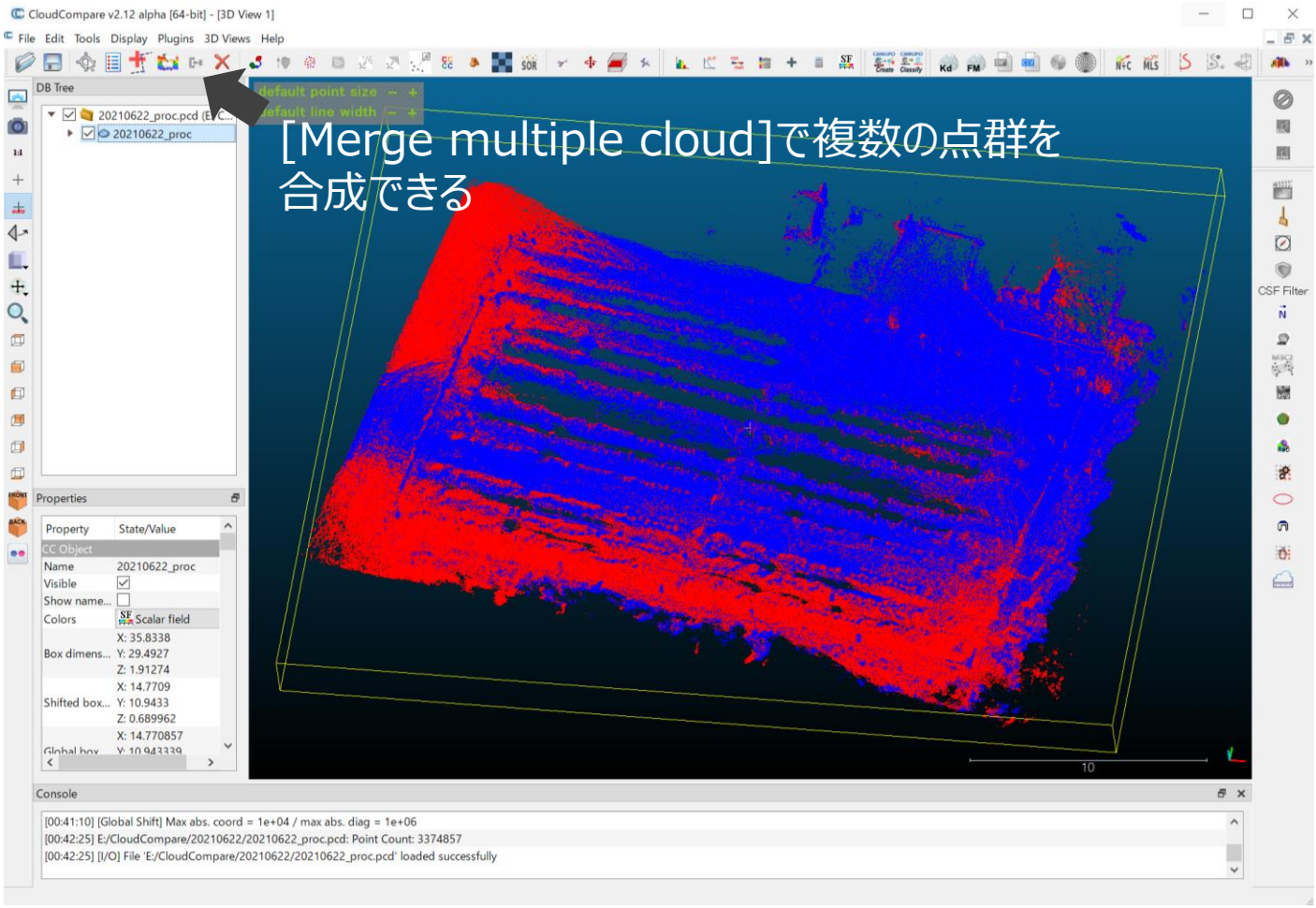
点群データの処理

- リサンプリング



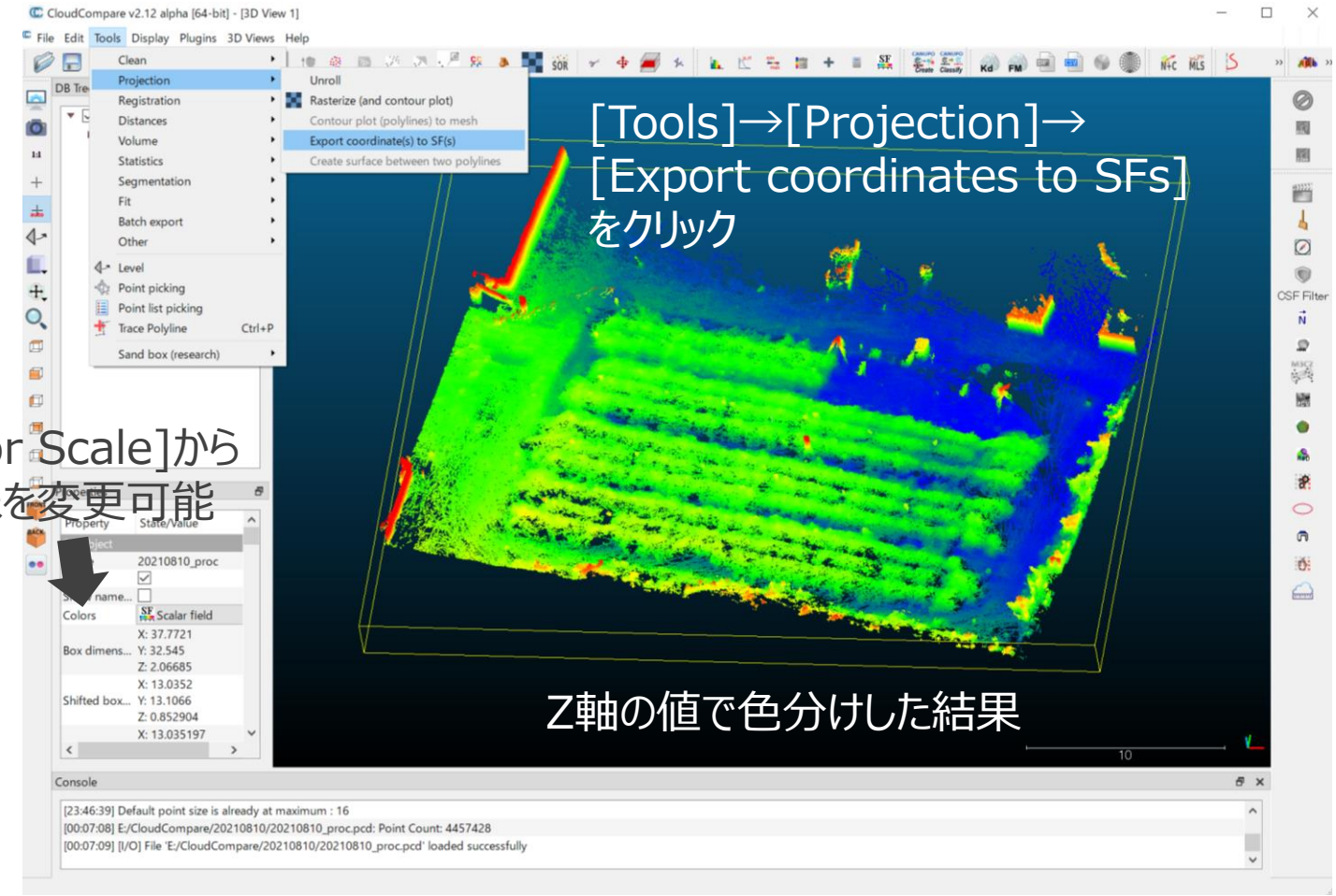
点群データの処理

- 点群の合成



点群データの処理

- 点群を標高別に色分け

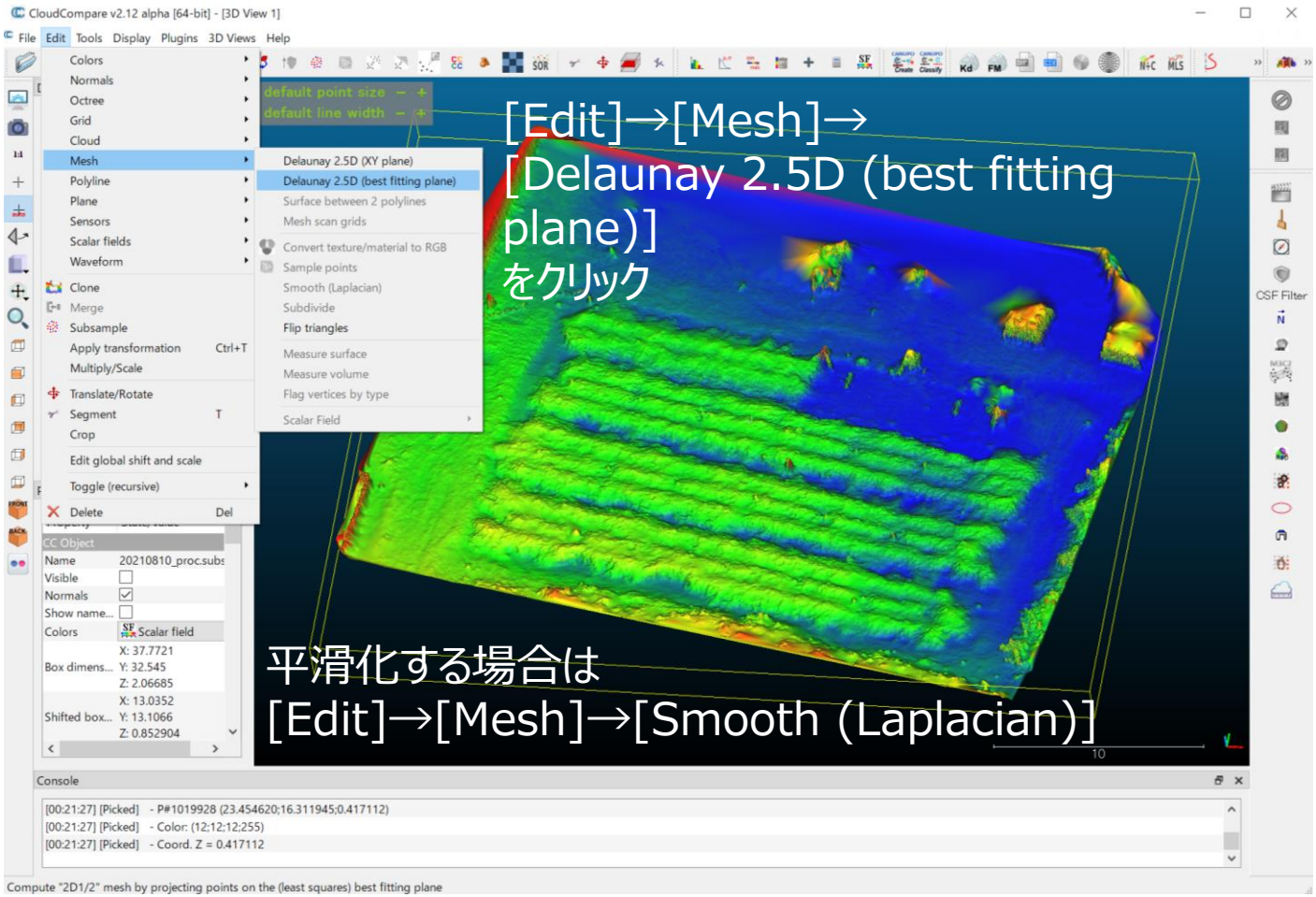


点群データの処理

- ラスタ化

点群データの処理

- メッシュ化



点群データの処理

- 植生の除去