

2023年4月28日(金)

日本写真測量学会関西支部 第118回空間情報話題交換会



# 地上撮影画像を用いた 詳細3次元都市モデル作成

摂南大学 理工学部 都市環境工学科  
講師 久保田誠也

1. 自己紹介
2. これまでの研究・業務内容紹介
3. 3次元都市モデルに関する現状・先行開発事例の紹介
4. 本研究室での取り組み
5. 今後の方向性

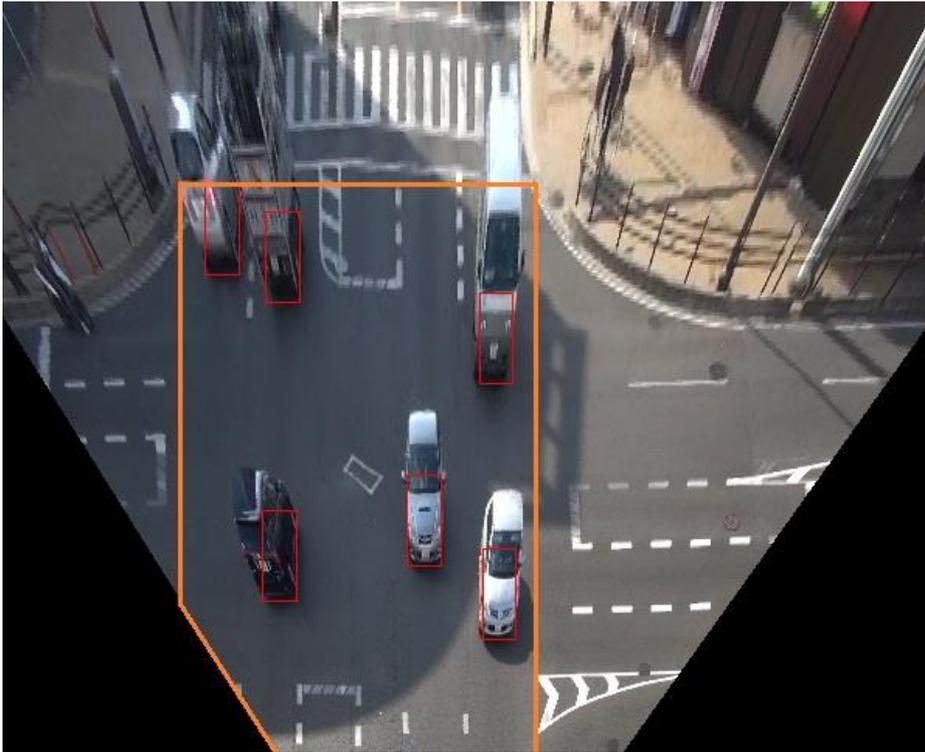
# 自己紹介

---

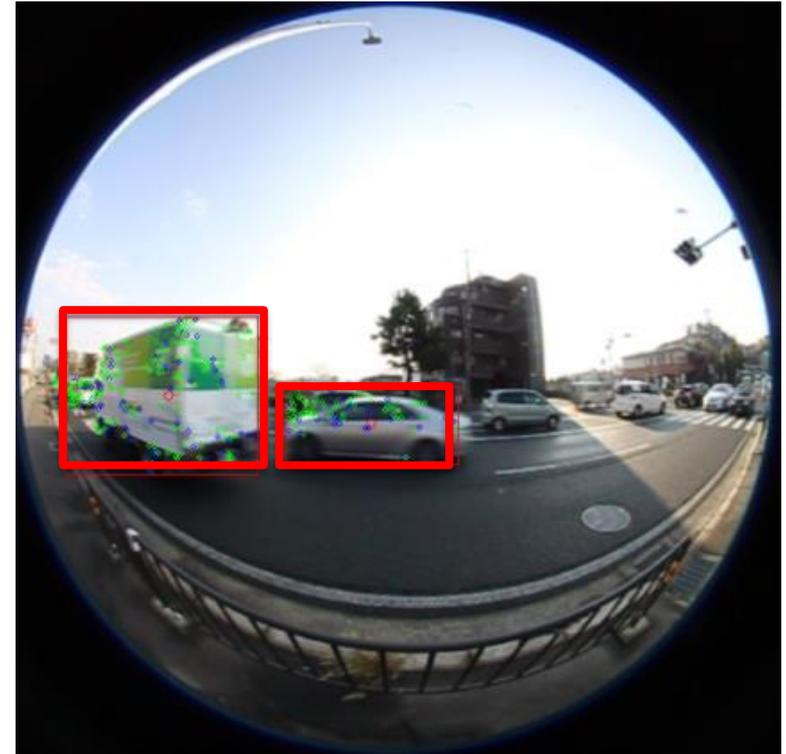
- 氏名：久保田誠也 (Seiya Kubota)
- 出身地：兵庫県姫路市
- 略歴：
  - 2008年3月 兵庫県立姫路市東高等学校卒業
  - 2013年3月 京都大学工学部地球工学科卒業
  - 2015年3月 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 修士課程修了
  - 2018年3月 同上 博士後期課程修了
  - 2018年4月～2022年3月 シーオス株式会社 ロボットエンジニア
  - 2022年4月～ 摂南大学工学部都市環境工学科 講師
- 研究分野：
  - 空間情報工学(大学・大学院時代は空間情報学講座に所属)
  - 交通工学

# 学生時代の研究紹介①

- 画像処理技術を用いた交通流解析に関する研究



鳥瞰画像を用いた車両の軌跡抽出



道路横から撮影された動画からの  
通過車両の車種分類

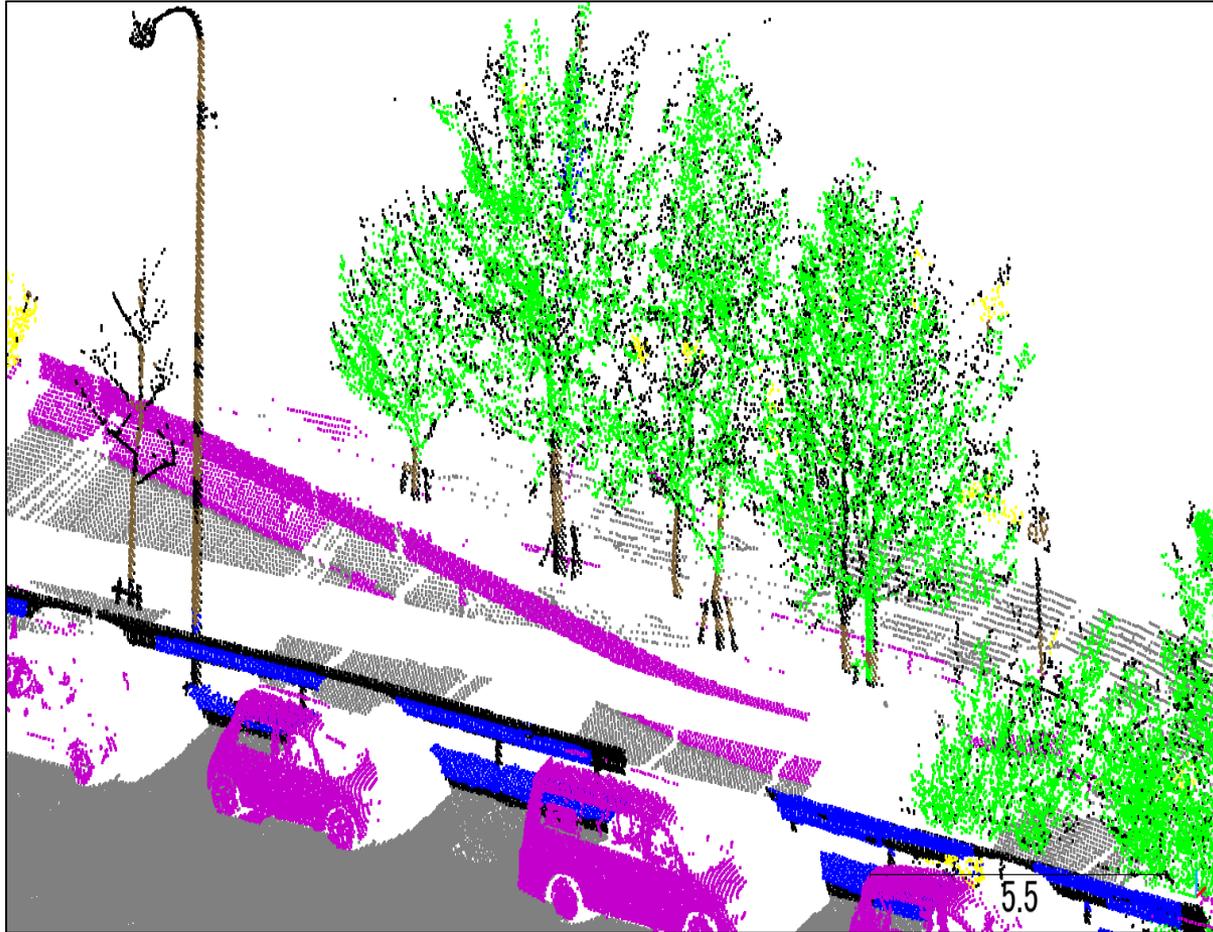
# 学生時代の研究紹介②

- プローブデータを用いたデジタル道路地図データの更新



カーナビアプリで取得されたプローブデータを用いて  
道路のノードの位置ずれを補正

- MMSで取得された三次元点群データを用いた研究



空間的自己相関の指標を用いて  
三次元点群から道路空間の緑化状況を評価

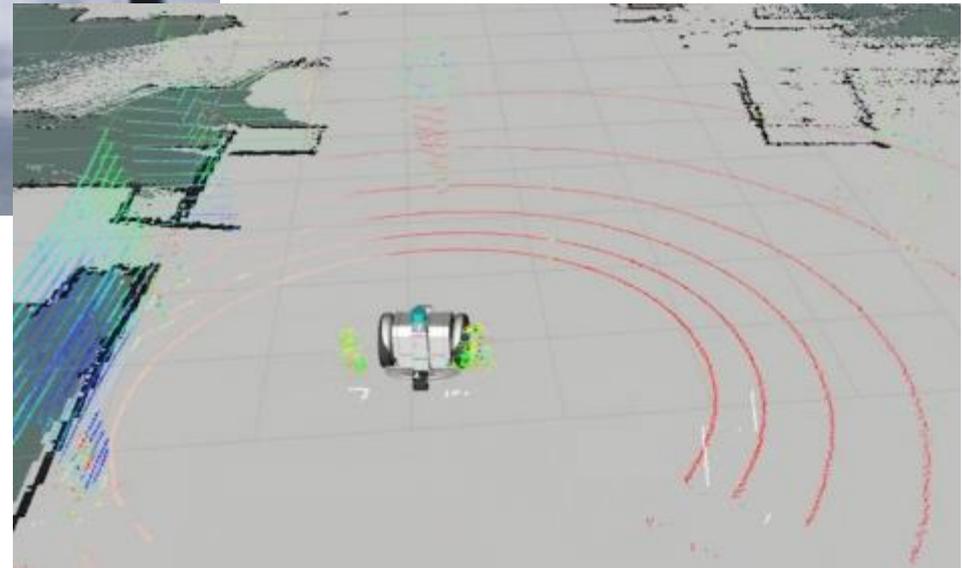
# シーオス株式会社での業務紹介

## ● 物流倉庫向けの自律搬送型ロボットの開発



ROSを用いた開発

主にカメラやLiDARのデータを用いた  
制御アルゴリズムの開発を担当



画像：シーオス株式会社ホームページより

## ● 昨年度の卒業研究テーマ

- 地上撮影画像を用いた詳細3次元都市モデル作成
- 深層学習を用いたドライブレコーダー画像からの車両・道路ひび割れの検出
- UnityとROSを用いた自己位置推定精度のシミュレーション
- ドローン配送拠点の最適配置計画
- その他、公共交通・津波避難タワー関連のテーマ

## ● 昨年度の主な研究

- 滋賀県甲良町の公共交通のあり方に関する検討

# 3次元都市モデルに対するニーズ

## ● 3次元都市モデルの活用が期待される分野

- 都市の可視化による課題共有
- 現実に近い条件での都市計画・都市開発のシミュレーション
- 自動運転のナビゲーションへの活用
- 新たな民間サービスの創出(メタバースなど)



水害リスクの可視化の例

画像：PLATEAUホームページ(<https://www.mlit.go.jp/plateau/use-case/uc22-026/>)より

## CityGMLの LOD 概念

### LOD 1

建物+高さ情報  
<箱モデル>



- 建物の箱型モデル
- 高さ情報を活用した各種Simulationが可能

### LOD 2

+屋根形状



- 建物の屋根形状表現
- 景観シミュレーション
- 都市計画・建築規制の検討

### LOD 3

+外構（開口部）



- 建物の外構（窓、ドア）
- 自動運転、ドローン配送
- 建築計画の検討等

### LOD 4

+室内（BIM/CIM）



- BIM/CIM等の建物内部までのモデル化
- 屋内外のシームレスなシミュレーション

画像：PLATEAUホームページ(<https://www.mlit.go.jp/plateau/learning/tpc01-2/>)より

# 3次元都市モデルの例

## ● Project PLATEAU

- 国土交通省が主導で3次元都市モデルのオープンデータ化を推進



PLATEAU VIEWより

# 3次元都市モデルの例

## ● Google マップ

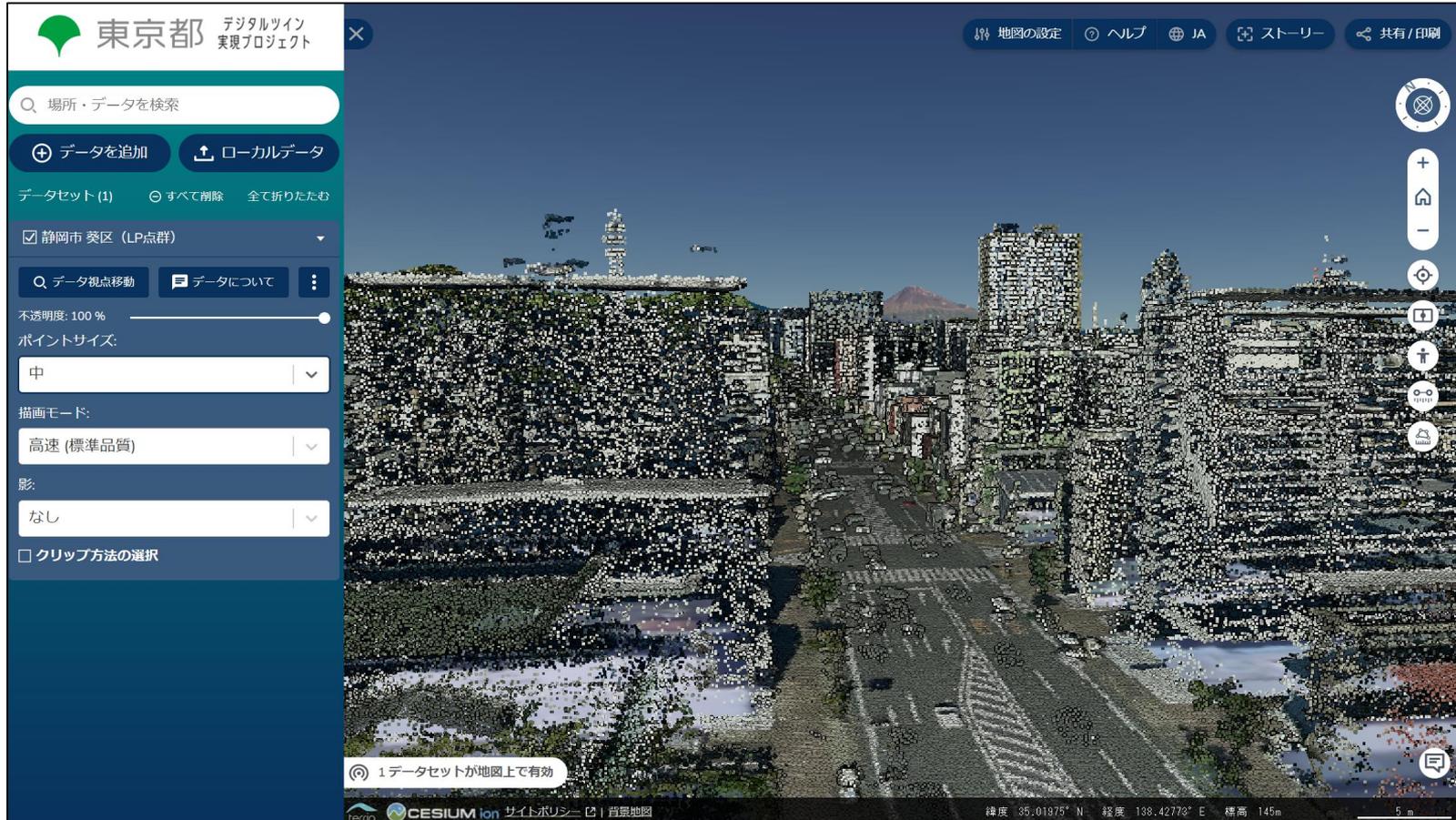


LOD3相当の3次元都市モデルが広範囲で整備されている

# 3次元都市モデルの例

## ● VIRTUAL SHIZUOKA

- 静岡県や東京都など一部の自治体では3次元点群データなどを公開



東京都デジタルツイン3Dビューアより

安価で簡便な詳細3次元都市モデル作成手法が確立されていない。

人手による作業も多く整備コストが高い。

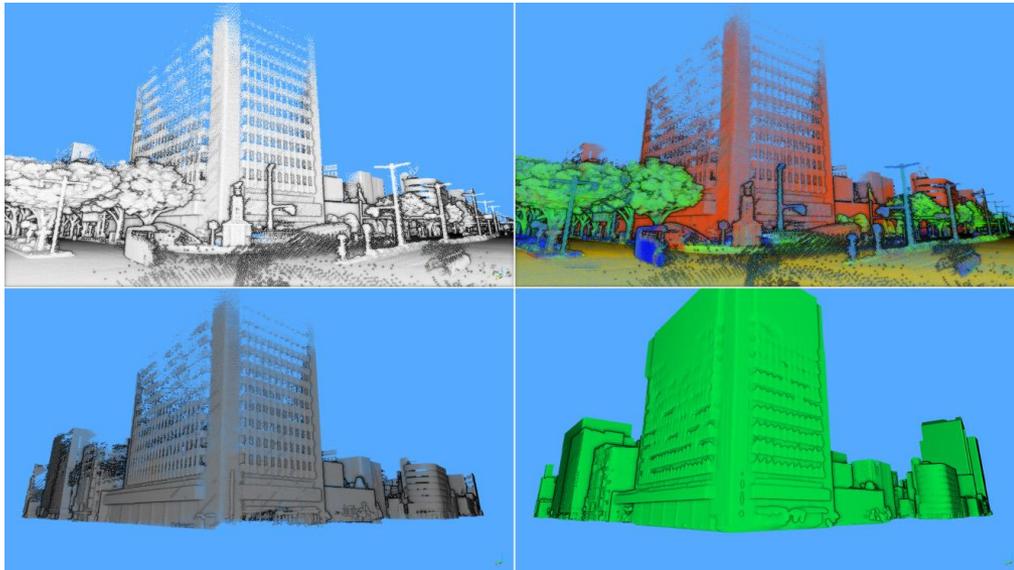
- 詳細3次元都市モデルの整備地域が限定的
- 3次元都市モデルのデータの更新頻度が低い

データの鮮度を重視するサービスへの活用が困難  
(自動運転やリアルタイム性を重視したシミュレーションなどへの活用)

# 整備コスト抑制につながる先行開発事例(1)

## 「AIを用いた3D都市モデルの自動更新手法の開発」

実施事業者: Symmetry Dimensions Inc.、名古屋鉄道株式会社、  
中日本航空株式会社、宮城交通株式会社、国際航業株式会社、  
株式会社パスコ



ニューラルネットワークによるセマンティックセグメンテーション画像



宮城交通バスに取り付けられた簡易MMS

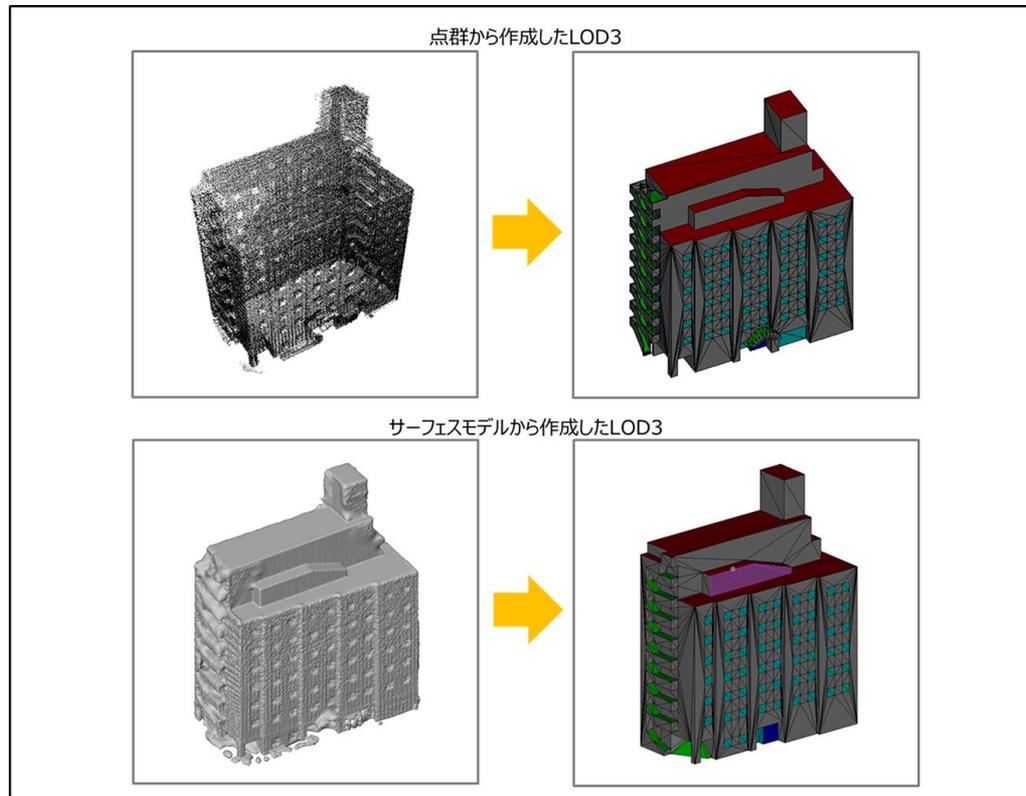
画像: PLATEAUホームページ (<https://www.mlit.go.jp/plateau/use-case/uc22-044/>) より

# 整備コスト抑制につながる先行開発事例(1)

## 「AIを用いた3D都市モデルの自動更新手法の開発」

実施事業者: Symmetry Dimensions Inc.、名古屋鉄道株式会社、中日本航空株式会社、  
宮城交通株式会社、国際航業株式会社、株式会社パスコ

### ➤ 点群データからのLOD3モデルの作成



画像: PLATEAUホームページ (<https://www.mlit.go.jp/plateau/use-case/uc22-044/>) より

AI(深層学習)を用いた3次元点群データの自動分類APIの開発

実施事業者:ローカスブルー株式会社

▶「PLATEAU AWARD 2022」グランプリ受賞

11

⇒Deep3

## 深層学習による自動分類



画像:PLATEAUホームページ( <https://www.mlit.go.jp/plateau/journal/j028/>)より

# 整備コスト抑制につながる先行開発事例(2)

AI(深層学習)を用いた3次元点群データの自動分類APIの開発

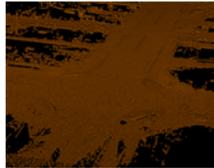
実施事業者:ローカスブルー株式会社

➤ 10種類以上の地物に分類

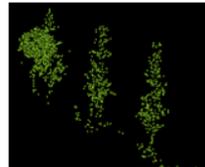
15

⇒ Deep3

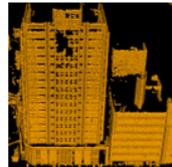
分類してきた物体は**10種類**以上



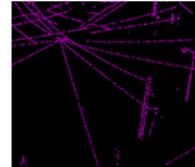
地表面



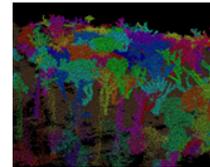
植生



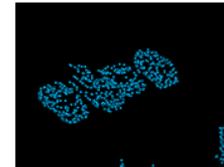
建物



電線



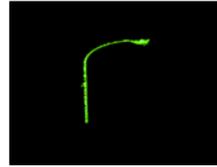
個別樹木



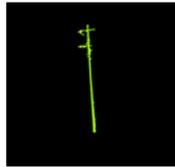
車両



縁石



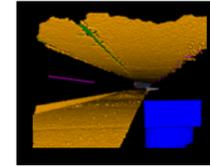
照明柱



電柱



信号



橋梁



標識

画像:PLATEAUホームページ( <https://www.mlit.go.jp/plateau/journal/j028/>)より

## <目標>

詳細3次元都市モデルの活用によるQOLの向上・課題解決の実現  
(例)公道での自動運転車の走行、実環境を模した高度な分析

3次元都市モデルの全国的な整備・オープンデータ化

安価で簡易的に3次元都市モデルを作成・更新する手法の開発

市民参加型の3次元都市モデル作成・更新手法の確立を目指して、  
民生カメラで撮影された動画像の活用を検討



## アクションカメラ

製品名 : GoPro MAX

解像度 : 5.6K (360°モード)

パノラマ画像では5376 × 2688画素  
ヘルメット上部に取り付け360°モードで撮影



## ドライブレコーダー

製品名 : KENWOOD DRV-MR745 (車両前方)

Panasonic CY-RC100KD (車両後方)

解像度 : 1080p (1920 × 1080画素)

# 実験1: OpenSfMを用いた3次元点群の作成

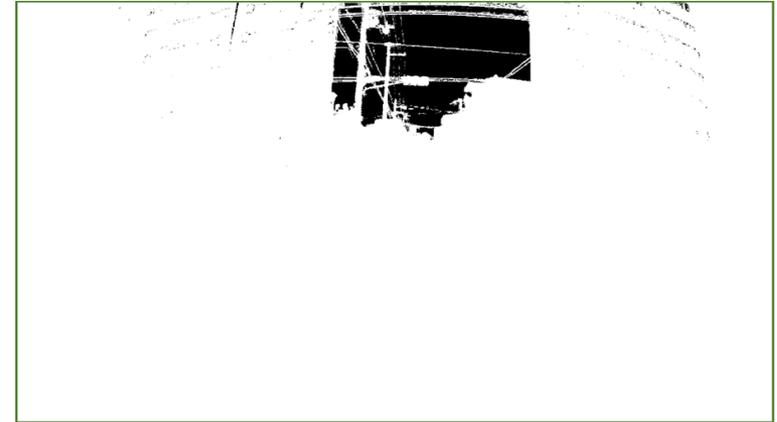
OpenSfM・・・SfM (Structure from Motion) のオープンソースソフトウェア

<処理手順>

1. 動画像の切り出し(フレームレート10fps)
2. GCPの設定(Google MAPの航空写真より緯度・経度を設定)
3. 空領域のマスク画像の作成(色情報をもとに空領域を抽出)
4. OpenSfMによる3次元点群の作成
5. 作成された3次元点群に対して統計的外れ値除去



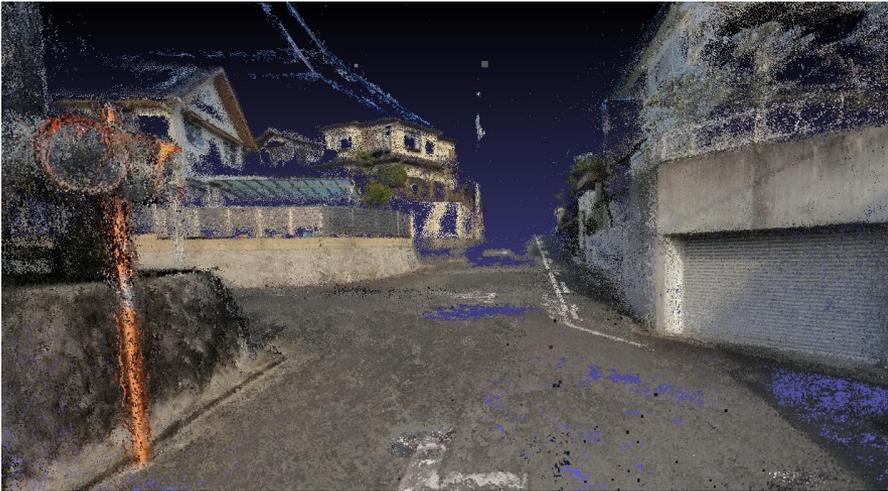
ドライブレコーダーで撮影された画像



空領域のマスク画像

# 実験1: OpenSfMを用いた3次元点群の作成

➤ アクションカメラで撮影された画像を用いた結果

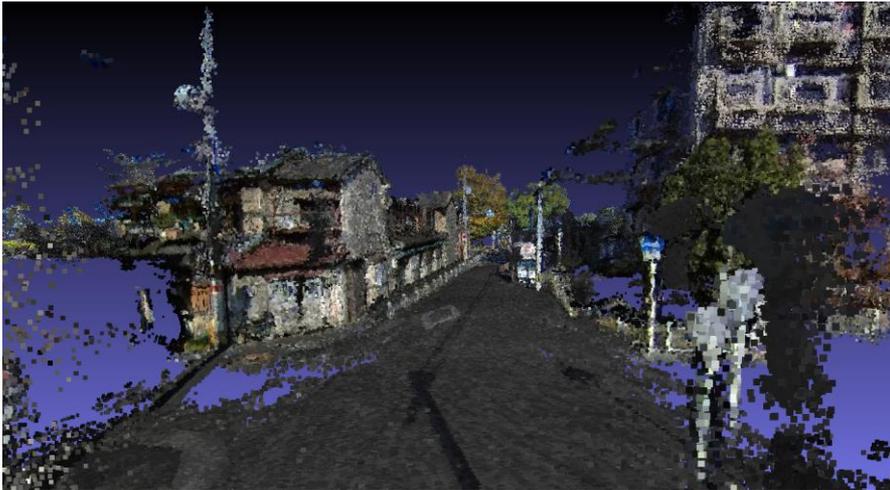


作成された3次元点群

Googleストリートビューの画像

# 実験1: OpenSfMを用いた3次元点群の作成

➤ ドライブレコーダーで撮影された画像を用いた結果



作成された3次元点群



Googleストリートビューの画像

# 実験1: OpenSfMを用いた3次元点群の作成

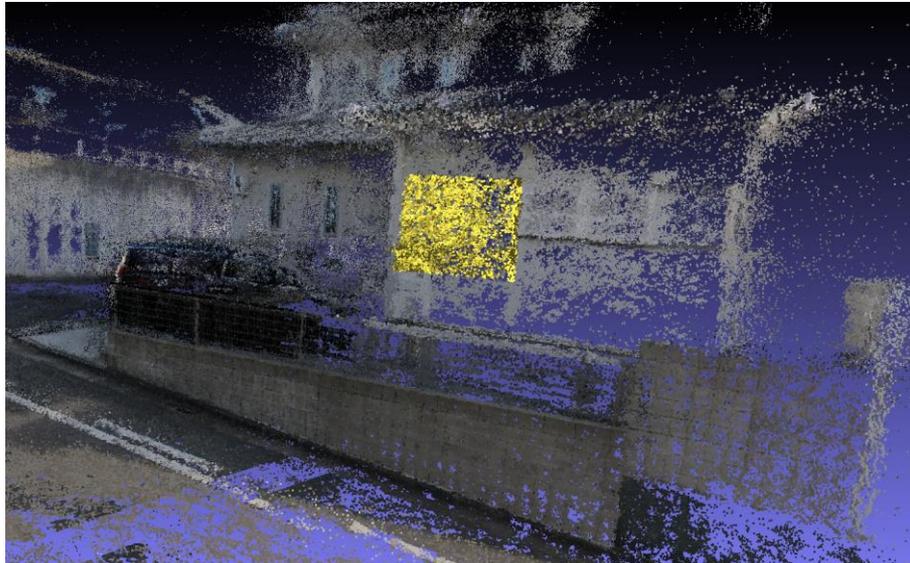
## ▶ PLATEAUデータとの比較

LOD1の建物モデルの壁面の位置を基準とする。

※3次元都市モデルは、地図情報レベル2500相当(縮尺1/2,500相当。水平位置の位置正確度1.75 m以内(標準偏差)、高さの位置正確度0.66 m以内(標準偏差))が合格基準とされている。

## <水平距離の標準偏差>

黄色で表された点群を用いて計算



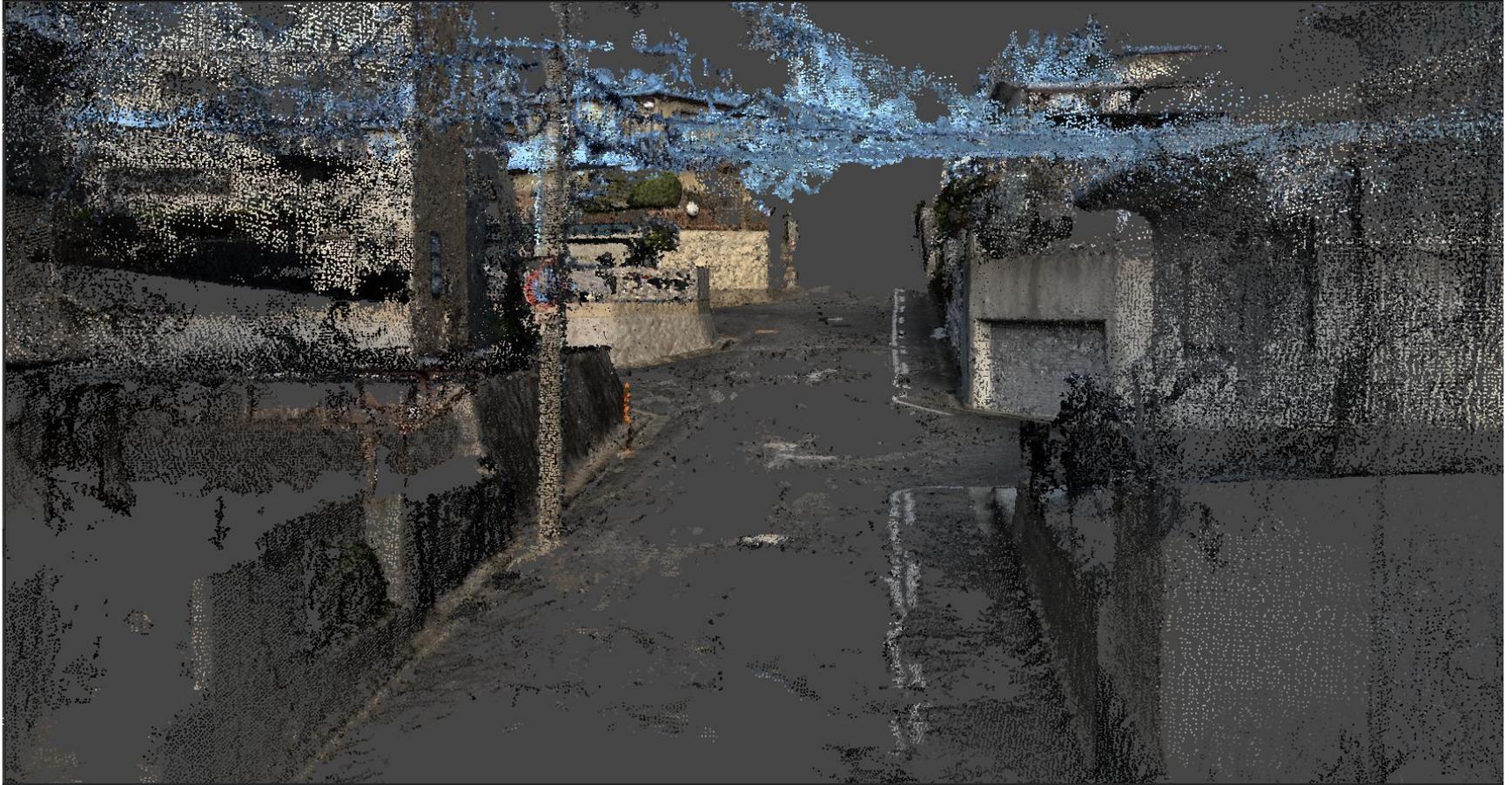
アクションカメラ: 1.39 m



ドライブレコーダー: 1.46 m

# Metashapeを用いた3次元点群の作成

- バイク走行時にアクションカメラで撮影された画像から作成



# Metashapeを用いた3次元点群の作成

- 自転車走行時にアクションカメラで撮影された画像から作成



# Metashapeを用いた3次元点群の作成

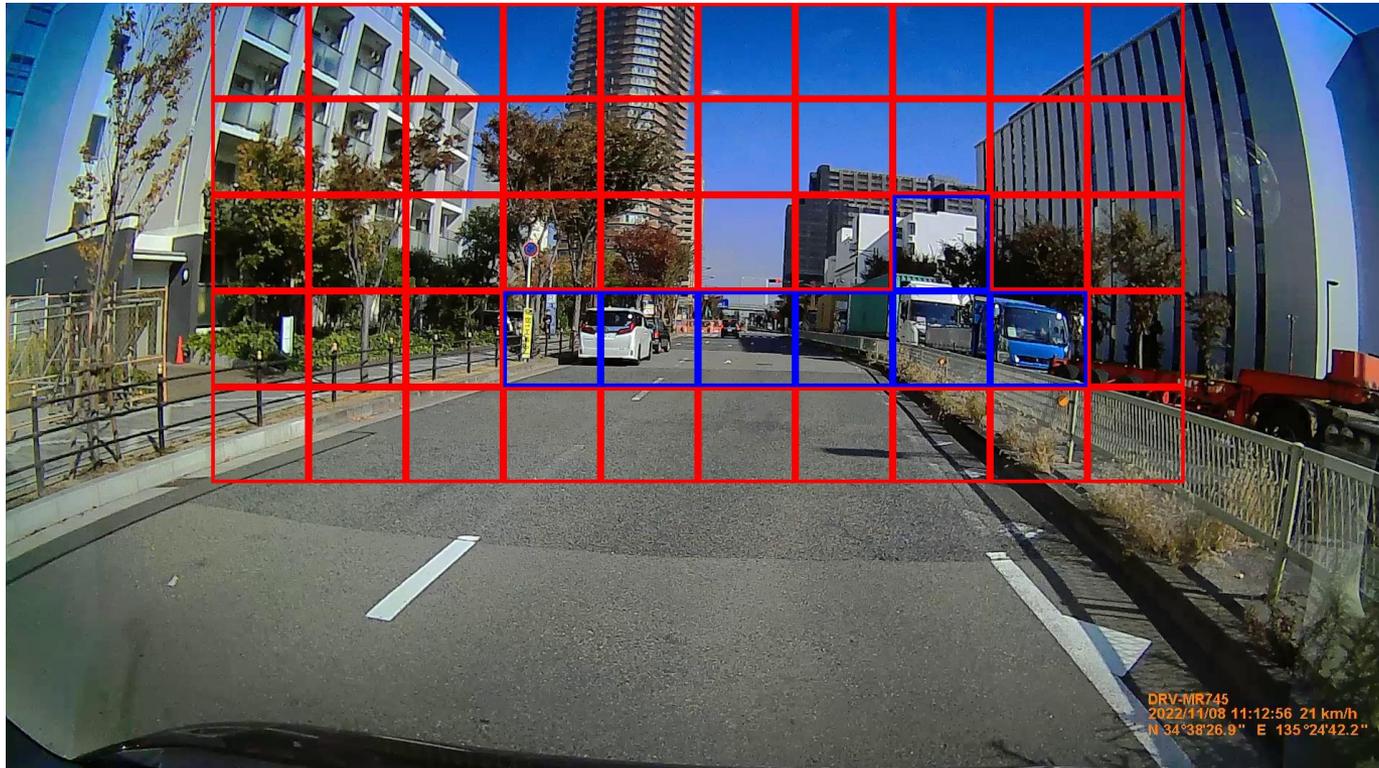
- 自転車走行時にアクションカメラで撮影された画像から作成



# 実験2: AI(深層学習)を用いた車両検出

## ➤ VGG16での学習済みモデルを用いて車両領域を抽出

- ドライブレコーダーで撮影された画像を切り出した画像2,287枚を学習用データとして使用
- PyTorchを用いて実装



□: 車両検出領域、□: 車両不検出領域

# 実験2: AI(深層学習)を用いた車両検出

## ▶ 学習に使用した画像例

ドライブレコーダーの画像から切り出した画像(360×360画素)を使用  
「車両あり」ラベル(696枚)



## 「車両なし」ラベル(1,591枚)

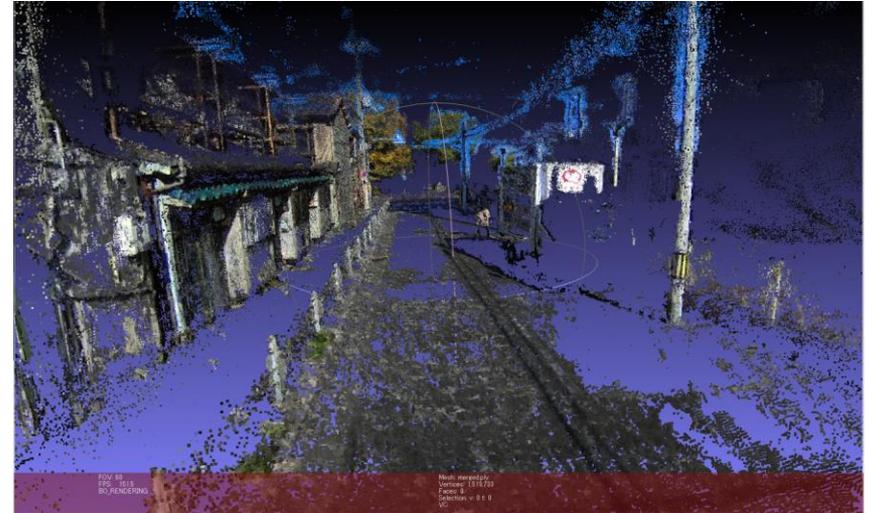


# 実験2: AI(深層学習)を用いた車両検出

- 検出した車両検出領域をマスクしたマスク画像を用いて3次元点群を作成した結果 (OpenSfMを使用)



マスク画像不使用時の結果



マスク画像使用時の結果

撮影画像から停止中の車両などを検出することで  
都市モデルに不要な地物の3次元点群の抽出を防ぐことが可能



3次元点群のノイズ除去を行う手間を軽減

# 実験3: AI(深層学習)を用いた道路のひび割れ検出

## ➤ VGG16での学習済みモデルを用いて道路のひび割れ検出

- ドライブレコーダーで撮影された画像を切り出した画像2,520枚を学習用データとして使用
- PyTorchを用いて実装



□: ひび割れ検出領域、□: ひび割れ不検出領域

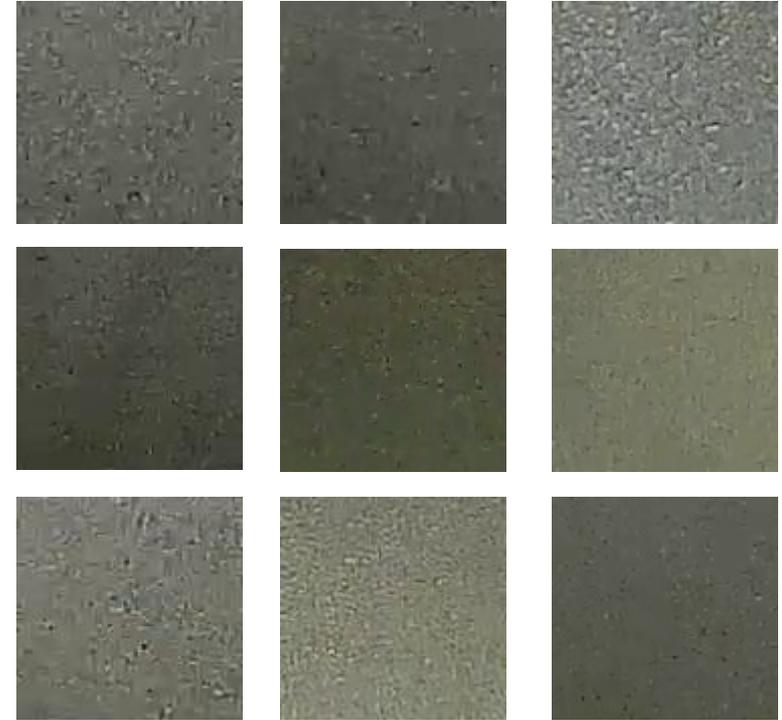
# 実験3: AI(深層学習)を用いた道路のひび割れ検出

## ▶ 学習に使用した画像例

ドライブレコーダーの画像から切り出した画像(112×112画素)を使用



「ひび割れあり」ラベル  
(1,240枚)



「ひび割れなし」ラベル  
(1,280枚)

# 3次元都市モデル作成における課題

主な課題:

- ① 点群データの欠損箇所の補完
  - 道路からの撮影時に死角になる箇所は3次元点群データが作成されない。
- ② ノイズの除去精度・地物ラベリング精度の向上

市民から提供された動画像を活用する場合に想定される課題:

- ① 大量のデータが提供される
  - 確率的に更新が必要な箇所を抽出する必要がある。
- ② 位置情報を持たないデータが提供される
  - 既存のデータベースから撮影場所を特定する必要がある。
- ③ 加工されたデータが提供される
  - 信頼度の高いデータのみ利用する必要がある。
- ④ 曜日や時間帯、季節などが異なるデータが提供される
  - 異なる状態をどのように表現するか決める必要がある。

## <関心度の高いテーマ>

- 3次元都市モデルの作成に関する研究
  - 点群データの欠損箇所の補完手法の開発
  - ノイズとして抽出されやすい地物の抽出手法の開発
  - 手動でのGCP設定が必要ない手法の開発
- 3次元都市モデルの作成以外の走行時撮影動画像の活用に関する研究
  - 道路管理、景観管理、インフラ点検、人流・交通流分析、交通安全対策など