

# 物体検出手法とセグメンテーション手法を組み合わせた コンクリート構造物のひび割れ検知システムに関する研究

小見 大騎<sup>1</sup>, 亀山智仁<sup>2</sup>, 吉田大介<sup>1</sup>, 上田直生<sup>3</sup>

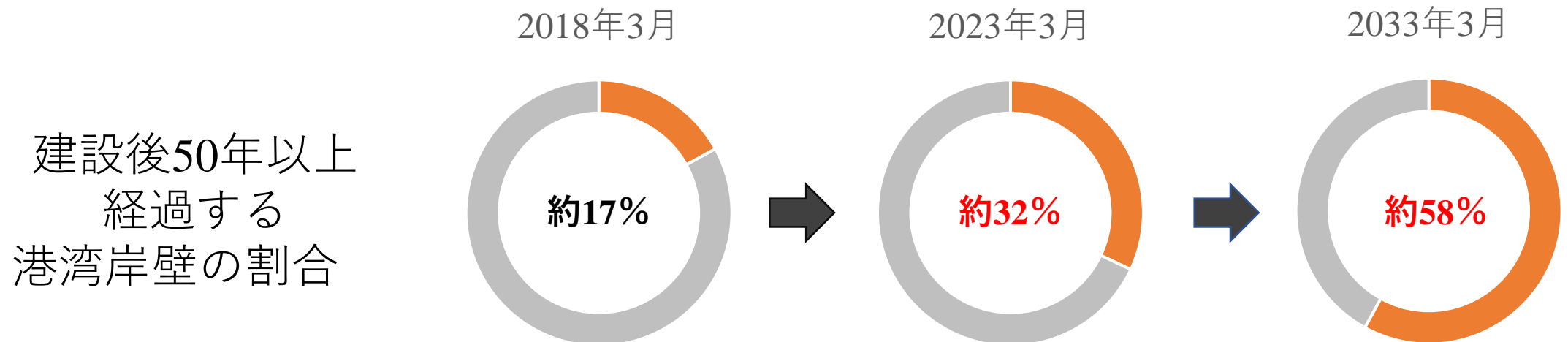
1大阪公立大学大学院, 2 大阪市立大学, 3 有限会社ロケーシング

# 研究背景

- 建設後50年経過したインフラの増加など、社会資本の老朽化が問題となっている
- 岸壁や護岸での既存の点検は、施設管理者による目視点検が行われているが、既存の点検方法は技術者不足・時間不足と課題が多い
- いくつかある点検項目の中でも、特にひび割れの検知は重要な項目



より省人化・効率化された点検方法が求められている



# 本研究の目的と手法

- 前述の社会課題を解決するために、より省人化・効率化された点検手法を提案
- 一般的な小型ドローンの活用を想定した汎用性の高いひび割れ検知処理の自動化
- 6K画像が撮影可能なAutel Robotics社のEVO II Proを使用
- セグメンテーションによる空撮画像のマスク処理と物体検出手法によるひび割れ検知処理を組み合わせた手法を開発



Autel Robotics社 EVO II Pro



ドローンで空撮した港湾岸壁

# 先行研究

- ひび割れは点検項目の中でも重要な項目の一つであるため、ひび割れ検知は先行研究にて様々な手法が開発されている
- 既存の手法では、高性能かつ高価格の産業用ドローンや固定カメラなどを使って取得したデータを検知対象としている
- 本研究では、港湾局等の実務で使用されている一般的な小型ドローンで取得したデータを想定する

統計的特徴および幾何学的特徴に着目したコンクリート表面ひび割れの画像解析による検出 (全他, 2014)

- 手法  
グレースケール画像への変換とmedianフィルタによりノイズ除去を行い**統計学的、幾何学的**にひび割れの可能性が高い画素の検出を行う。
- 課題  
汎用性の低さ

Convolution Neural Network(CNN)を用いたひび割れ・パッチングの高精度検出手法の開発 (浅田 他, 2018)

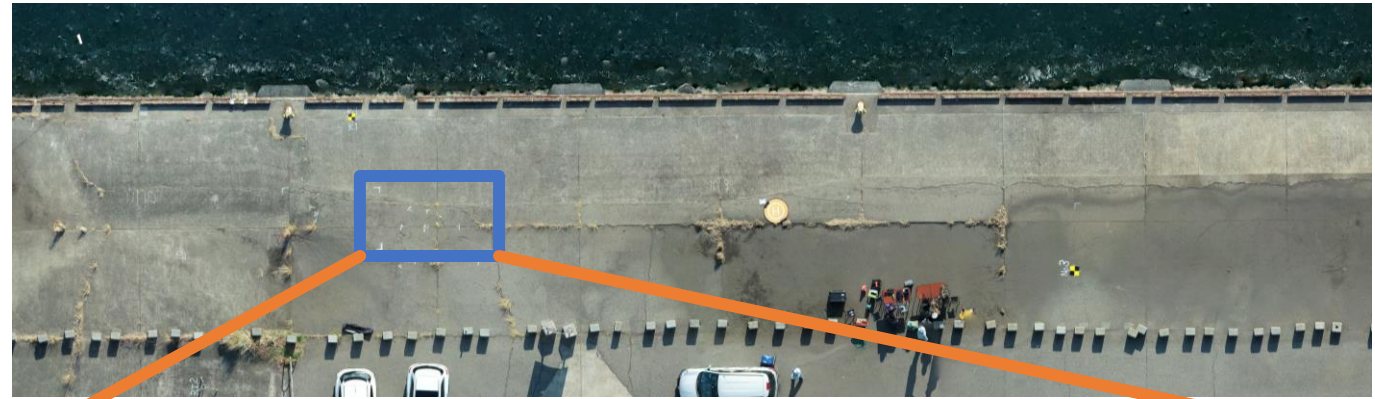
- 手法  
**CNN**により画像特徴量などのパラメータ設定を**機械学習**により自動的に生成する。分析対象が変わっても追加で学習することで対応できる。
- 課題  
特殊な装置で撮影したデータを対象としている

深層学習に基づく物体検出・認識技術を用いた二段階構造表面ひび割れスクリーニング (重村・野村, 2020)

- 手法  
ひび割れ検知を**異なる2つの物体検出手法**を使用する。1段階目でひび割れを切り抜く。2段階目で切り取った部分をひび割れかどうか精査する。
- 課題  
機械学習を使うので**教師データ**の数量が課題となる

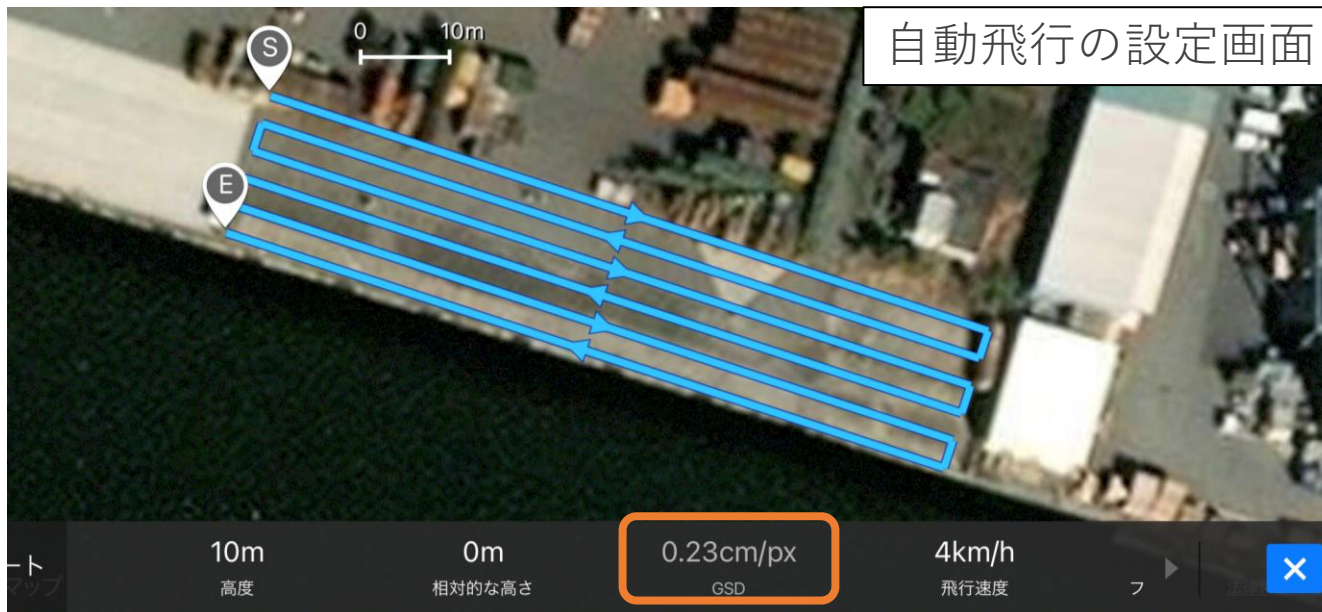
# 使用データと実験対象

- 検知対象は港湾岸壁のエプロン部上の幅数mmのひび割れとする
- 深層学習の教師データやひび割れ検知システムの入力データは、ドローンによる空撮画像を用いる
- 自動飛行機能を利用することで、指定した範囲の空撮画像を操縦者の技量に依存せずに撮影することができる



# 地上画素寸法

- 空撮画像では、分解能として画像上の1ピクセルが実際にどれほどの長さに値するのかを表す**地上画素寸法(GSD)**が使われる
- 計測は、**GSD**がひび割れを対象とした目視点検で必要である**2~3mm**となる高度を設定し自動飛行で行った
- 自動飛行機能を用いて下図の範囲(100m×20m)を高度10mで計測する場合、約10分で計測が完了する



$$\text{GSD} = \frac{\text{飛行高度}[\text{cm}] \times \text{センサー幅}[\text{cm}]}{\text{焦点距離}[\text{cm}] \times \text{画像幅}[\text{px}]}$$

EVO II Proの場合

飛行高度10mでGSD:0.23[cm/px]

飛行高度60mでGSD:1.01[cm/px]

# ひび割れ検知システムの処理の流れ

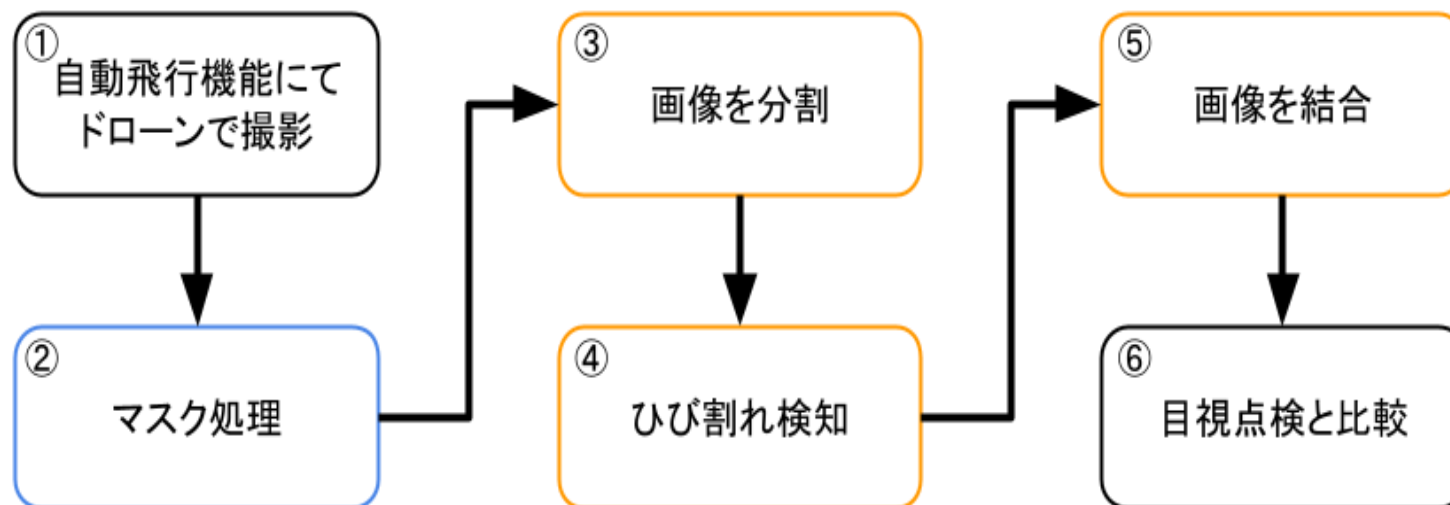
ひび割れ検知システムは2段階の処理に分けられる

## 1段階目 マスク処理による前処理

- ② 誤検知の多いオブジェクトにマスク処理(**セグメンテーション**)を施す

## 2段階目 物体検出手法によるひび割れ検知処理

- ③ 精度向上のために、細かく分割した画像を入力データとする
- ④⑤ 分割画像にひび割れ検知処理を施し、結果を結合する



## 1段階目

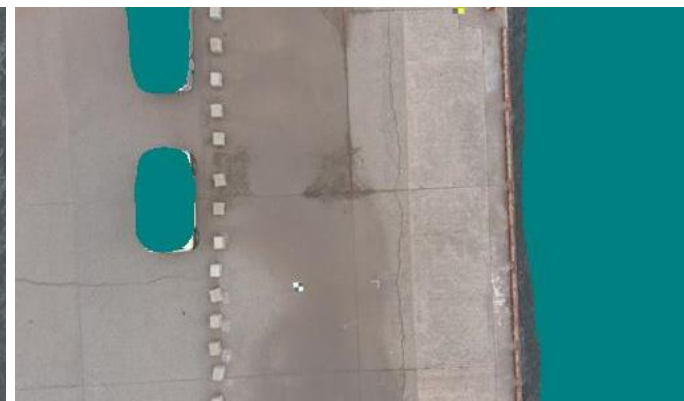
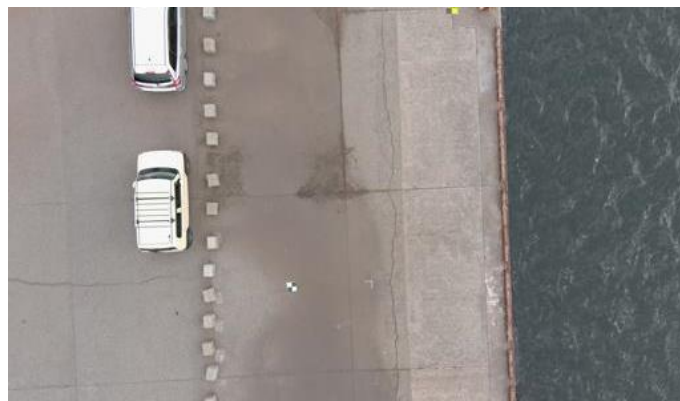
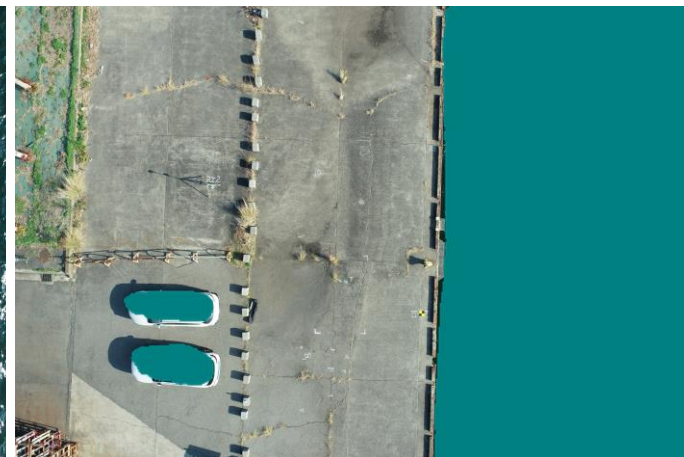
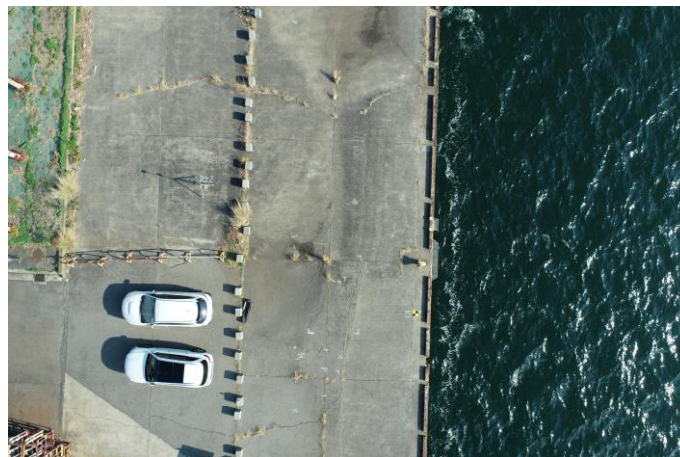
# マスク処理による前処理

- セマンティックセグメンテーションモデル**DeepLabv3+**を使用した
- 教師データは**169**セットを用意した
- ひび割れ検知の時に誤検知の多い**水面**と**自動車**を対象とした
- 教師データに無い現場の画像でも水面部分を検出できた
- 水面のみでの**IOU**は**97%**となった

入力画像



出力画像

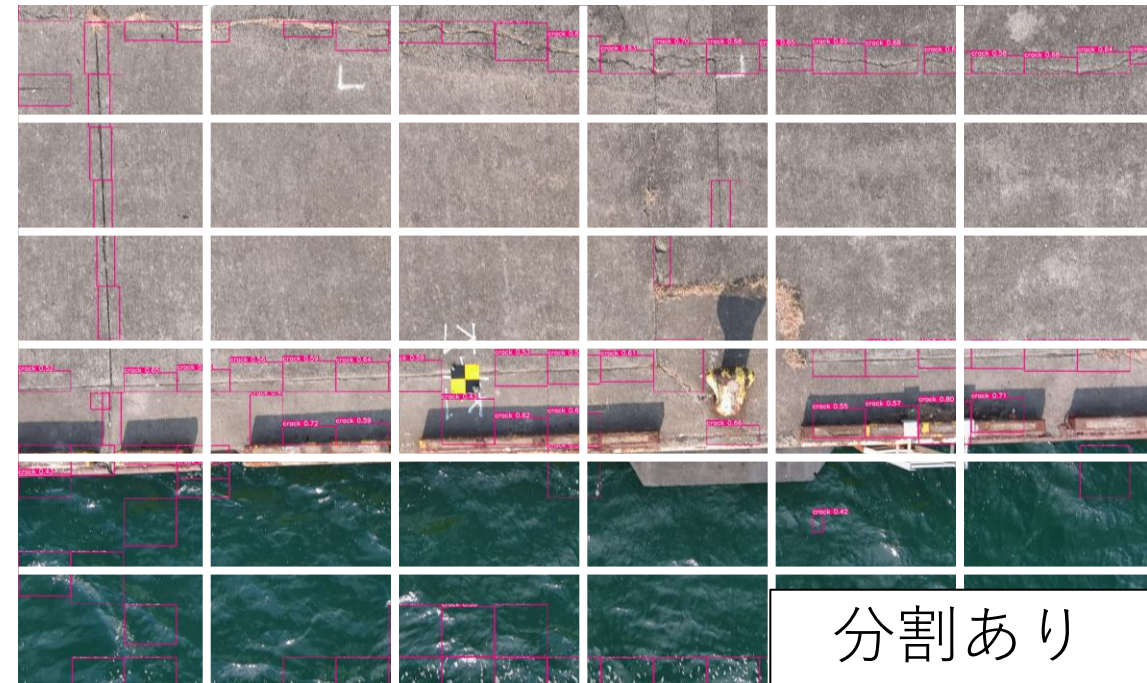
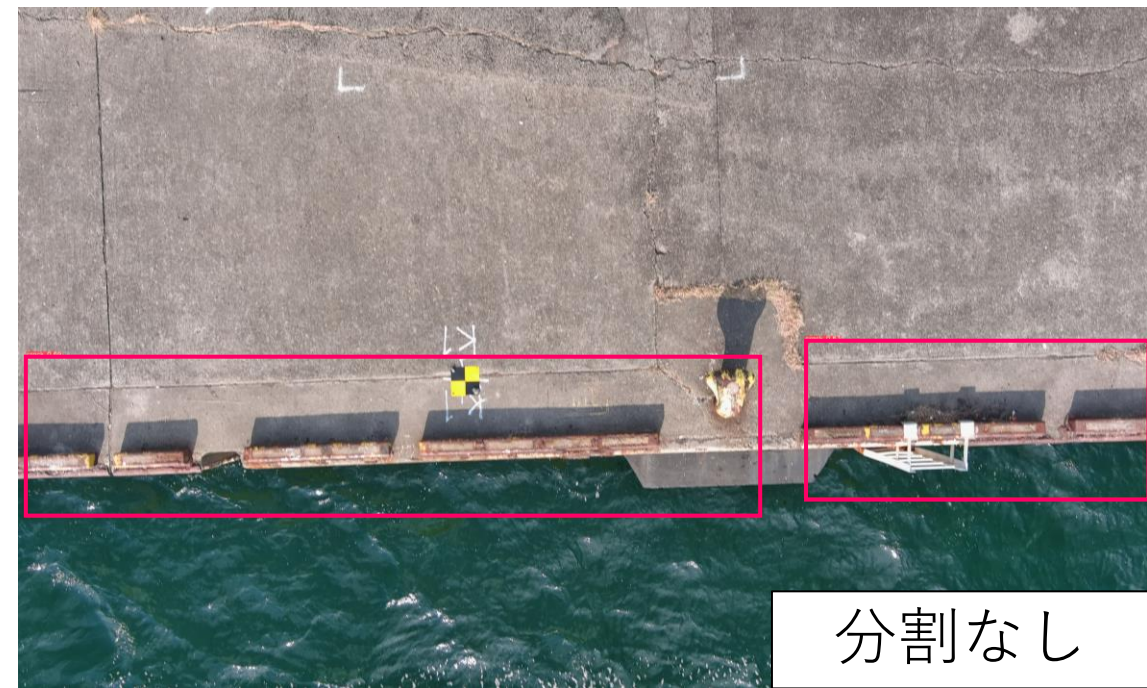




## 2段階目

# 物体検出手法によるひび割れ検知

- ひび割れ検知では、物体検出モデルの一つである**YOLO**を使用
- 教師データは公開データであるSDNET2018とオリジナルデータを合わせた**2464**セットを用意した
- 学習の結果mAP(閾値0.5)は**0.67**となった
- ひび割れ検知時に、入力画像を**256×256px**に分割することで、検知精度の大幅な向上が見られた
- 分割手法には水面部分や雑草などで誤検知をしてしまう欠点がある



# マスク処理の有効性の検証

- 検証には、大浜第6号岸壁エプロン部で撮影した空撮画像を用いた
- マスク処理無しでは、水面部分に**45**箇所 of 誤検知が見られた
- マスク処理有りでは、水面部分の誤検知が見られなくなった
- 将来的には水面と自動車以外もマスク処理の対象とする



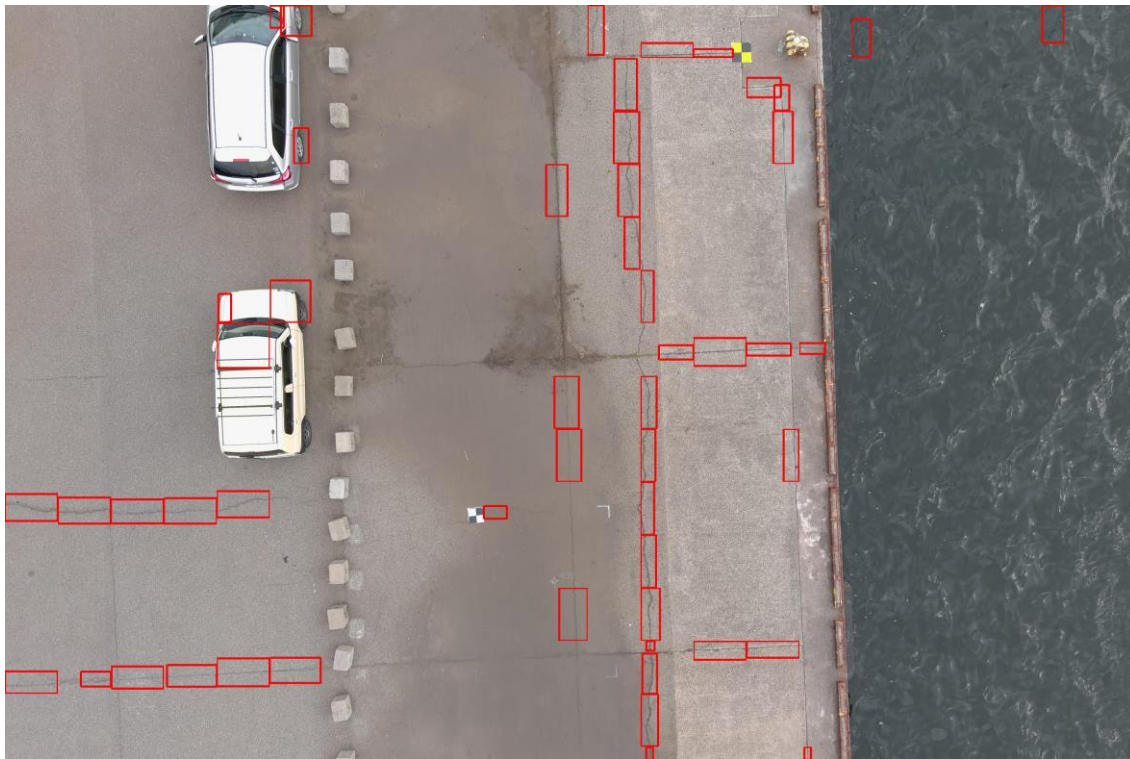
マスク処理前



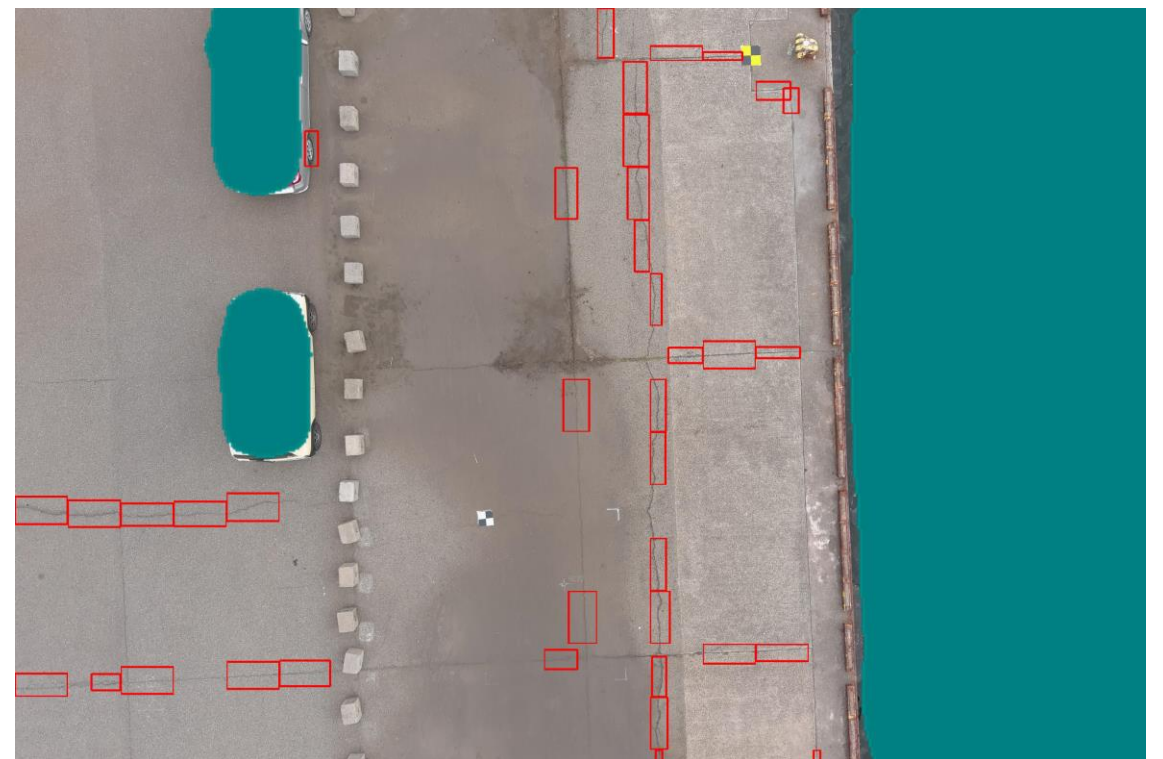
マスク処理後

# マスク処理の有効性の検証

- 検証には、大浜第6号岸壁エプロン部で撮影した空撮画像を用いた
- マスク処理無しでは、水面と自動車部分に**8箇所**の誤検知が見られた
- マスク処理有りでは、自動車に1つ誤検知が見られた
- 将来的には水面と自動車以外にもマスク処理の対象とする



マスク処理前



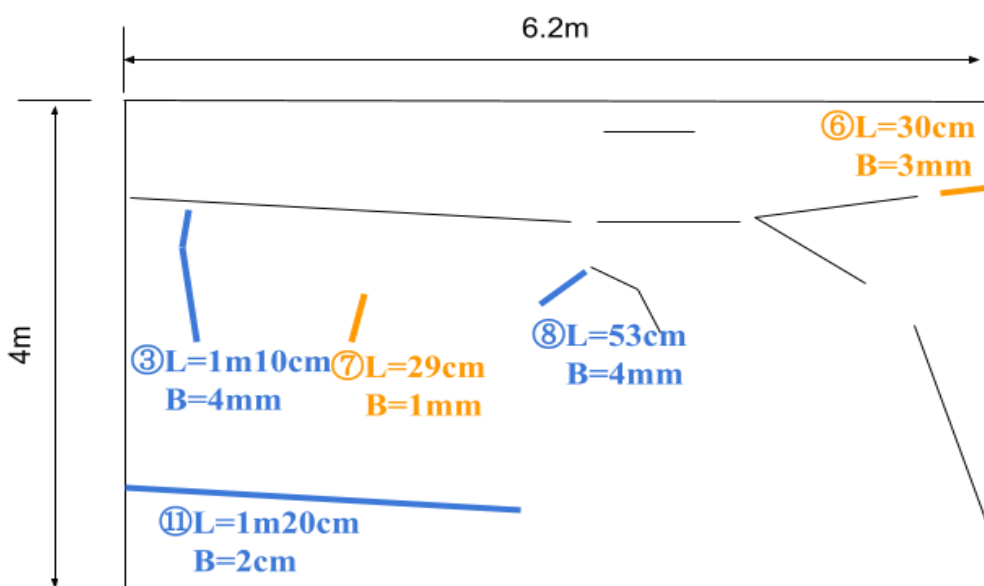
マスク処理後

# 高度別のひび割れ検知性能の検証

- 港湾岸壁の目視点検では幅**1mm**以上のひび割れが記録される
- 幅**1mm~数cm**と様々な大きさのひび割れがある範囲を検証場所とした
- 正解率は  $\frac{\text{(検知したひび割れの数)}}{\text{(検知した総数)}}$  とする
- 低高度での計測は時間を要し、現場によっては、障害物で飛行できないなどの問題がある

目視点検のスケッチ

(L:ひび割れの長さ B:最大ひび割れ幅)



目視点検との比較結果

(○:全て検知 △:半数検知 ×:検知せず)

飛行高度	1mmのひび⑦	3mmのひび⑥	4mmのひび③⑧	5mmのひび⑩	GSD (mm/px)	正解率 (%)
5m	×	○	○	○	1.1	80.6
10m	×	△	○	○	2.3	89.0
15m	×	△	△	○	3.4	92.0
20m	×	△	△	○	4.6	88.0
25m	×	×	△	△	5.7	80.0

# まとめ

- 本研究では、小型ドローンによる空撮画像を用いたひび割れ検知システムを開発し、高度別に検知性能の検証を行った
- 物体検出時の誤検知に対して、セグメンテーションによるマスク処理を導入し、その有効性を示した
- セグメンテーションとひび割れ検知の精度を更に上げるために、教師データを増やす必要がある

# 今後の研究について

- オルソ画像の活用とWebシステム化でさらなる効率化が可能
- オルソ画像には位置情報が含まれており、ひび割れの位置、幅、長さ等の情報を地理情報システム(GIS)で一元管理可能
- オルソ画像とデジタル表層モデル(DSM)を組み合わせた活用などを行う予定

オルソ画像にDSMをGIS上で重ねた結果  
(色が濃い部分ほど沈下している)

