

オルソ画像を活用した
コンクリート構造物のひび割れ検知システムにおける
超解像処理の効果検証

亀山智仁, 小見大騎, 吉田大介
大阪公立大学大学院 情報学研究科

研究背景

- 現状：
インフラの老朽化
→維持管理の重要性
- 課題：
維持管理に割く人材・時間の不足
→手法の効率化



図1 陥没した港湾岸壁

施設数 600

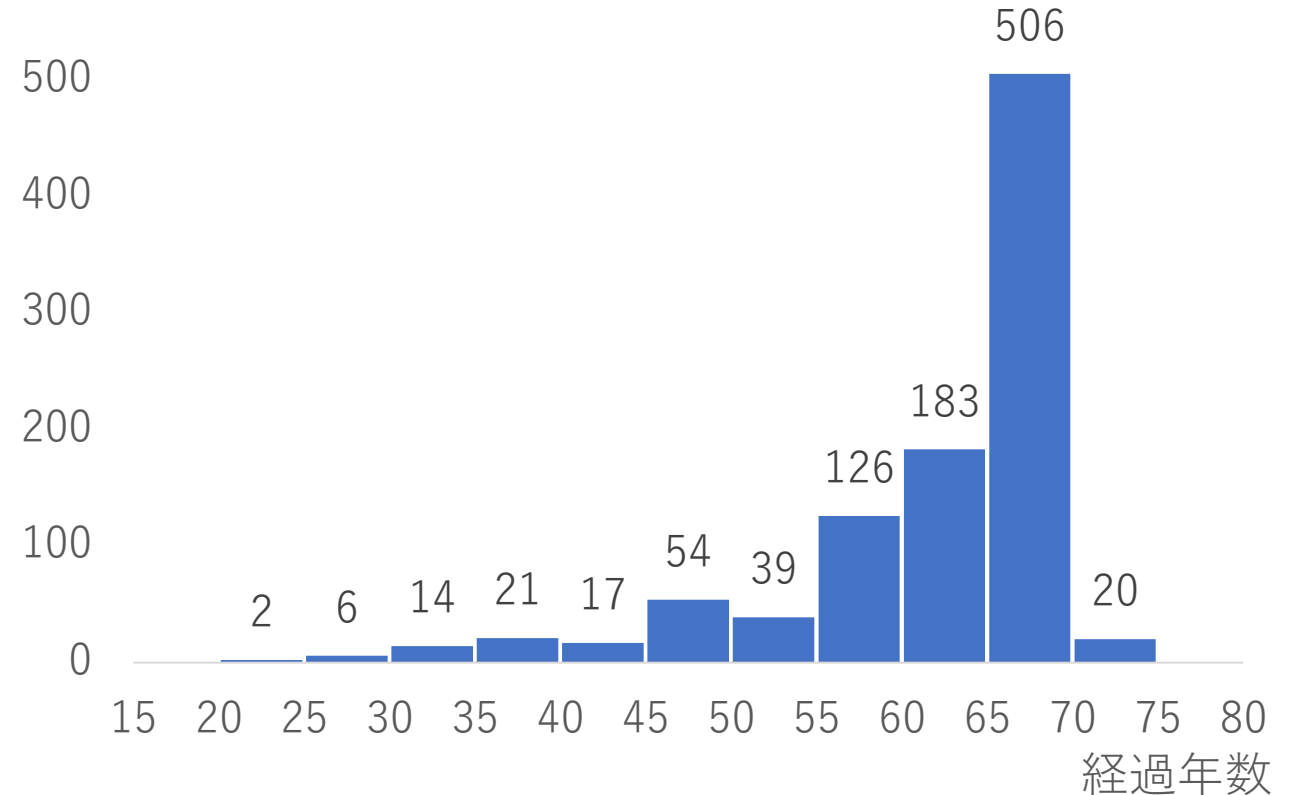


図2 日本全国の港湾施設の設立後経過年数

出典：国土交通省港湾局 港湾管理者一覧表(令和4年4月1日)

先行研究

ドローンによる撮影画像を用いたコンクリートのひび割れ点検(堀口ほか, 2019)

- 手法
撮影用ドローンを開発。撮影画像をウェーブレット変換して得られたウェーブレット係数からひび割れを判別。

UAV マルチコプタ撮影画像を用いたコンクリート構造物のひび割れ画像処理(野間ほか, 2018)

- 手法
撮影用ドローンを開発。実用化を考慮して市販のInspire1も活用。メディアンフィルタによる撮影画像の平滑化処理により背景色調を演算し、その結果より一定閾値で暗い箇所をひび割れとして抽出。

UAV による海岸堤防の点検効率化のための変状自動抽出手法(水上ほか, 2018)

- 手法
UAVに重量のある望遠レンズを装着して画像を撮影。ひび割れについては、蓄積データを教師データとしたディープラーニングによりひび割れを抽出するシステムを構築。

共通課題

高性能かつ高価格な機材が必要であり、導入・管理が困難

研究目的

- 小型汎用ドローンの活用を想定したコンクリート構造物のひび割れ検知システムを開発
(小見ほか, 2022)
- 検知対象は幅**1mm以上**のひび割れを想定

表1 ひび割れ検知結果
(○:全て検知 △:部分的に検知 ×:検知せず)

飛行高度	1mmのひび	3mmのひび	4mmのひび	5mmのひび
5m	×	○	○	○
10m	×	△	○	○
15m	×	△	△	○
20m	×	△	△	○
25m	×	×	△	△

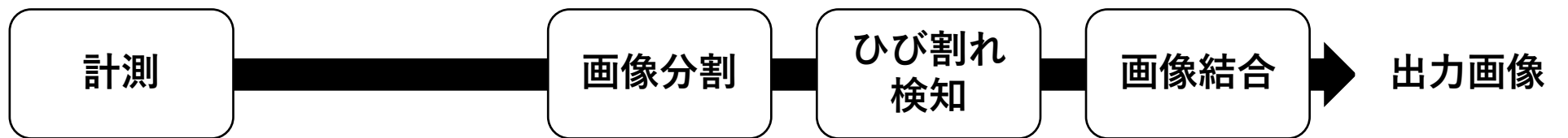


図3 ひび割れ検知のワークフロー

研究目的

- 小型汎用ドローンの活用を想定したコンクリート構造物のひび割れ検知システムを開発
(小見ほか, 2022)
- 検知対象は幅**1mm以上**のひび割れを想定
- ひび割れ検知性能を向上させるため、**超解像処理**を導入

表1 ひび割れ検知結果
(○:全て検知 △:部分的に検知 ×:検知せず)

飛行高度	1mmのひび	3mmのひび	4mmのひび	5mmのひび
5m	×	○	○	○
10m	×	△	○	○
15m	×	△	△	○
20m	×	△	△	○
25m	×	×	△	△

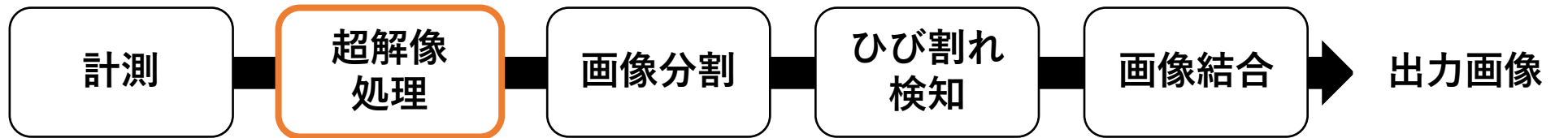


図3 ひび割れ検知のワークフロー

超解像処理

- 超解像とは、低解像度の画像から高解像度の画像を生成する技術
- 超解像処理の手法として**SRCNN**を使用
- 教師データとして公開データセットのSDNET2018に加えてオリジナルデータを用意

元画像



超解像画像

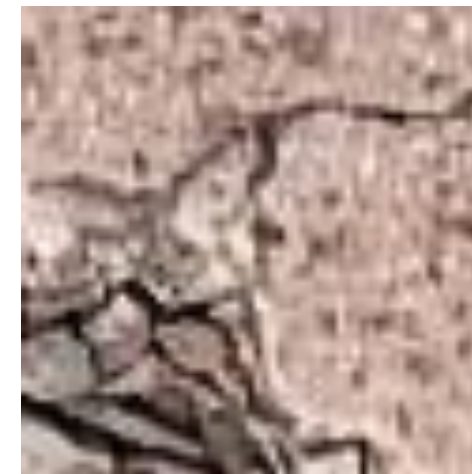
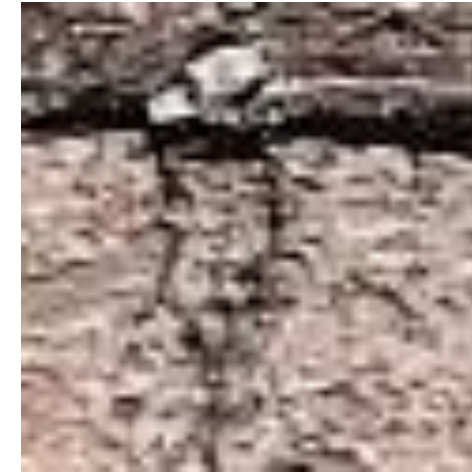


図4 超解像処理の結果

地上画素寸法

- 空撮画像の1pxごとの地上での実際の距離を表す

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

- GSDが小さいほどひび割れ検知精度は良い
- 超解像処理によりGSDが小さくなり、ひび割れ検知精度の向上が見込まれる

表2 ひび割れ検知結果とGSD
(○:全て検知 △:半数検知 ×:検知せず)

飛行高度	1mmのひび	3mmのひび	4mmのひび	5mmのひび	GSD (mm/px)
5m	×	○	○	○	1.1
10m	×	△	○	○	2.3
15m	×	△	△	○	3.4
20m	×	△	△	○	4.6
25m	×	×	△	△	5.7

オルソ画像の活用

- 正射変換により、画像上で位置、面積及び距離などを正確に計測することが可能で、地図データなどと重ね合わせて利用することができる地理空間情報
- オルソ画像を活用することで、ひび割れ検知結果を位置情報で管理可能
- 実験対象は港湾岸壁エプロン部のひび割れ(大浜第6号岸壁に検証エリアを設定)



図5 検証エリア

実験環境

- 空撮には小型汎用ドローンであるAutel Robotics社のEVO II Proに6Kカメラを搭載したものと、DJI社の産業用大型ドローンであるMatrice 300にカメラとしてZenmuse P1を搭載したものを使用
- オルソ画像の作成にはAgisoft社のAgisoft Metashape Professional 1.8.4を使用
- ひび割れ検知システム (小見ほか, 2022)を使用



図6 EVO II ProとMatrice 300

表3 計測に使用した機材の仕様

機体 + カメラ	対角寸法 [mm]	センサー幅 [mm]	焦点距離 [mm]	画像幅 [px]
EVO II Pro + 6Kカメラ	397	13.2	10.57	5472
Matrice 300 + Zenmuse P1	895	35.9	35	8192

実験手順

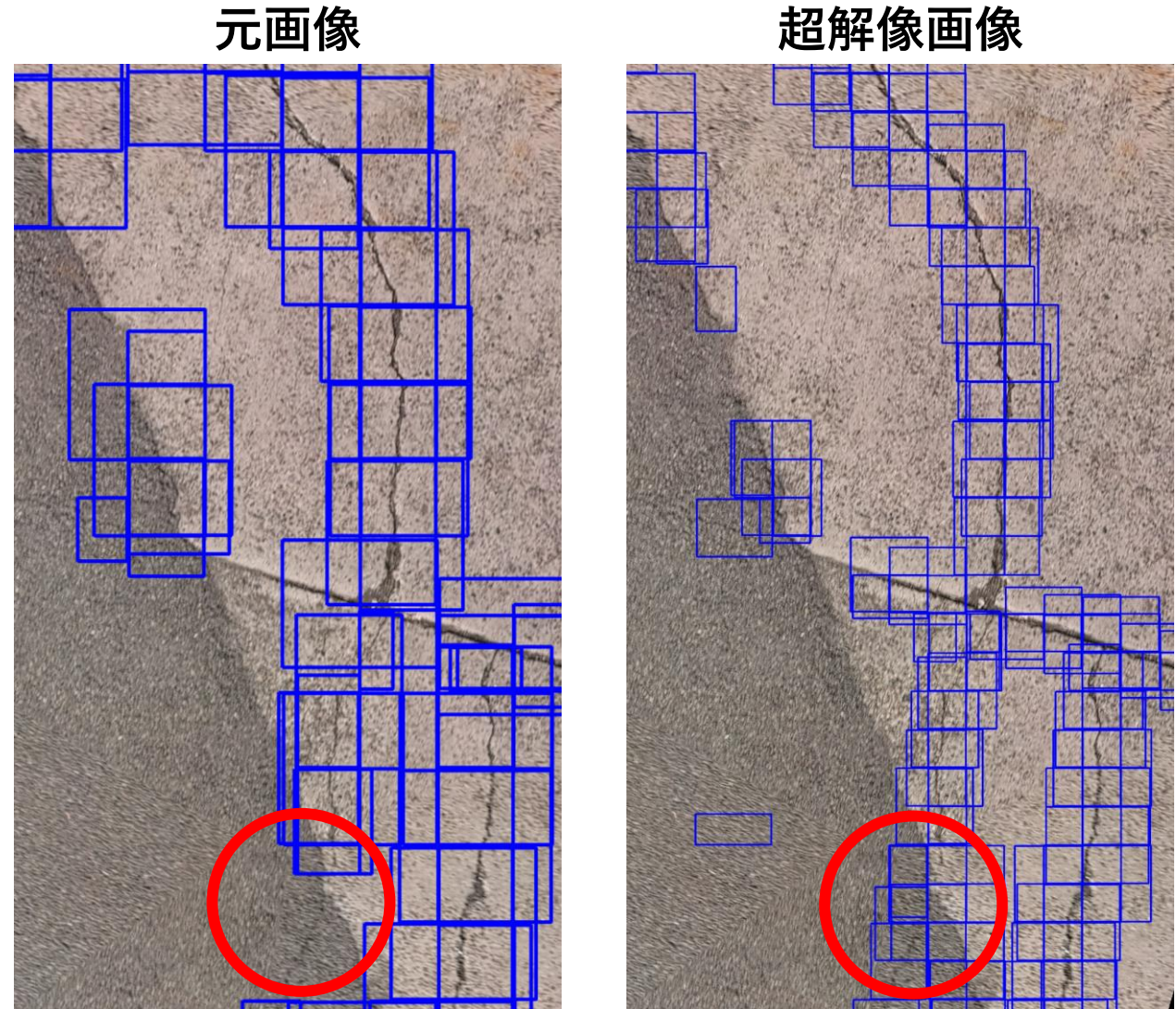
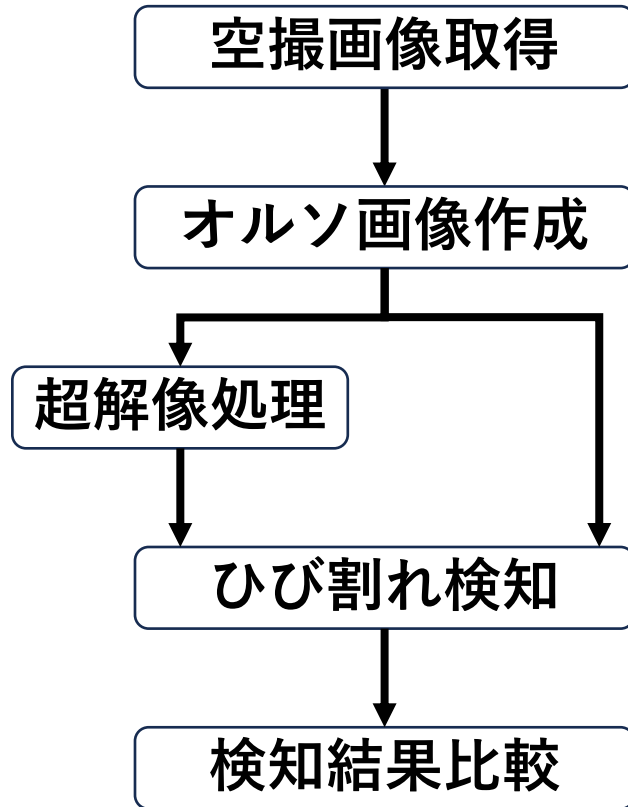


図7 検知結果

評価指標

- 評価にはひび割れアノテーション画像と検知結果を使用
- どれだけ漏れなくひび割れを検知できたのかを示す検知率
- ひび割れ検知結果の正確さを表す正解率
- 本研究の目的は検知率の向上

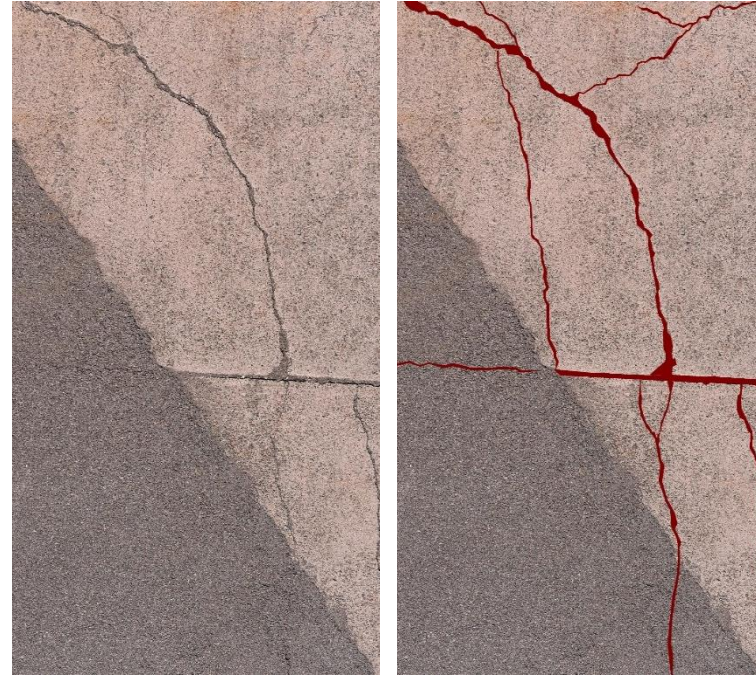


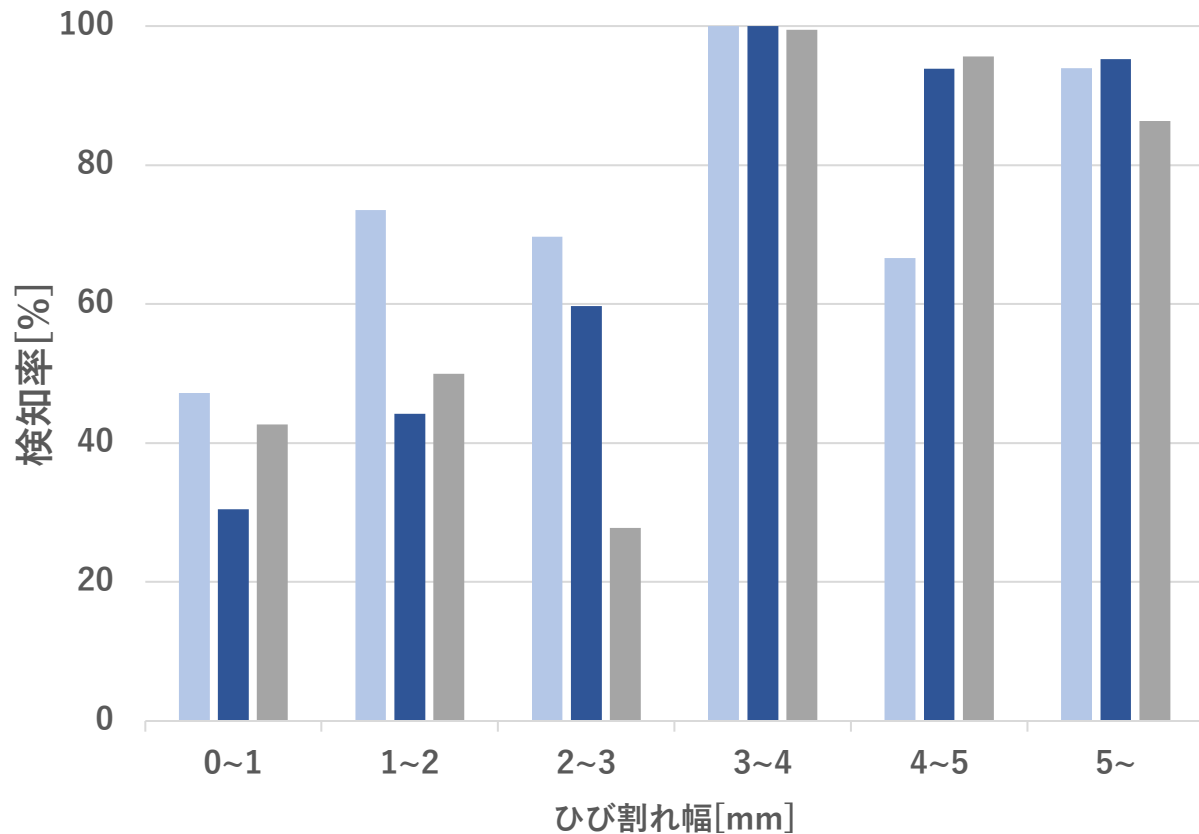
図8 入力画像に対するひび割れアノテーション

$$\text{検知率} = \frac{\text{検知ボックスに囲まれたアノテーション領域のピクセル数}}{\text{アノテーション領域のピクセル数}}$$

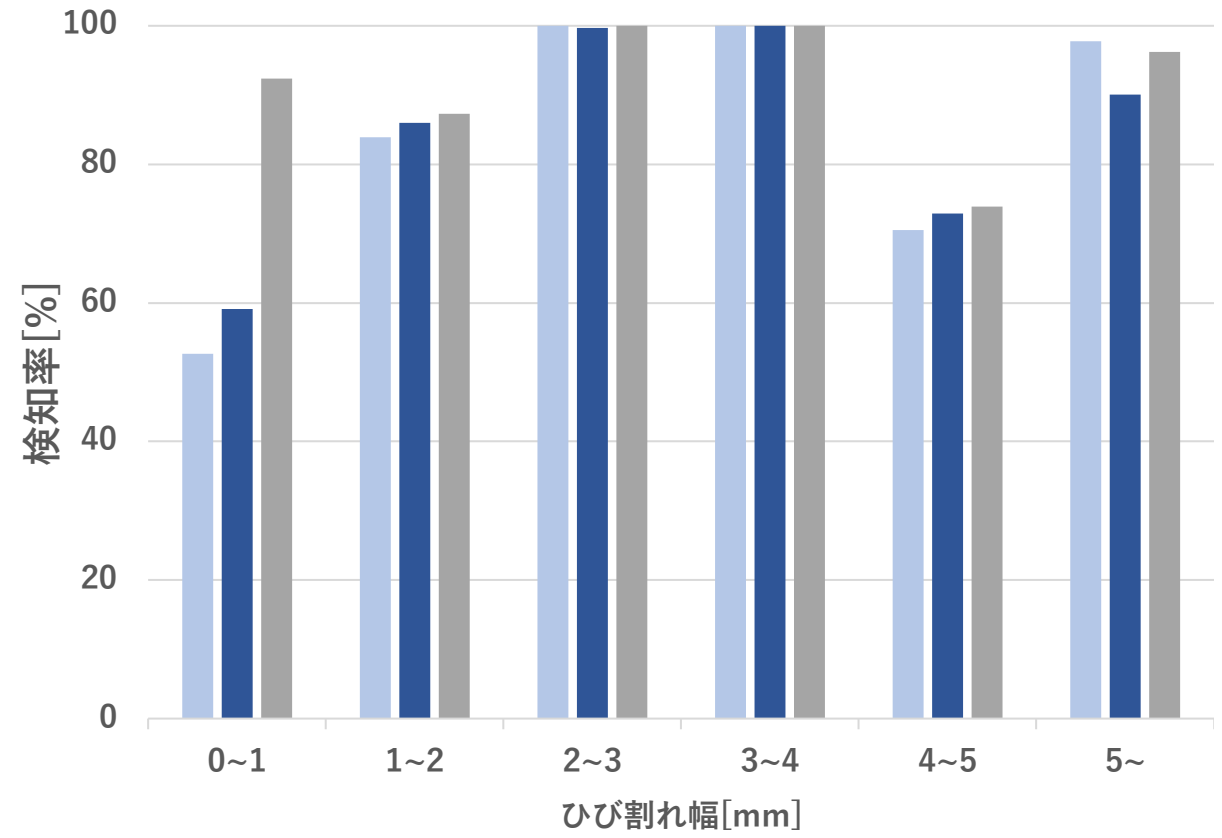
$$\text{正解率} = \frac{\text{アノテーション領域を含む検知ボックス数}}{\text{検知ボックスの総数}}$$

実験結果

■ 元画像 ■ SRCNN ■ フルサイズセンサカメラ(P1)



オルソ画像での検知率[%]



単一画像での検知率

おわりに

- ひび割れ検知システムの検知精度向上のため、超解像処理を導入しその効果を検証
→ 他の超解像モデルによる検証
- 検知率は、入力画像がオルソ画像の場合は減少、単一画像の場合は一部増加
→ オルソ画像と単一画像に対する超解像処理の効果の違いの原因の追求
- 誤検知も増加することで正解率は減少
→ 検知結果の分類を導入

参考文献

- 国土交通省港湾局. “港湾管理者一覧表”.
<https://www.mlit.go.jp/common/001403579.pdf>, (2023/02/06 アクセス)
- 堀口 賢一, 本澤 昌美, 岡部 成行, 富山 潤. “ドローンによる撮影画像を用いたコンクリートのひび割れ点検”. コンクリート工学. vol.57, No.9, pp.687-692, 2019
- 野間 康隆, 早川 健太郎, 黒台 昌弘, 西村 毅. “UAVマルチコプタ撮影画像を用いたコンクリート構造物のひび割れ画像処理”. 日本リモートセンシング学会誌. vol.38, No.3, pp.234-240, 2018
- 水上 幸治, 白谷 栄作, 桐 博英, 関島 建志, 金子 俊幸, 大石 哲, 豊福 恒平. “UAVによる海岸堤防の点検効率化のための変状自動抽出手法”. 土木学会論文集B2(海岸工学). Vol.74, No.2, pp.1435-1440, 2018
- 小見 大騎, 亀山 智仁, 吉田 大介, 上田 直生. “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”. 測位技術振興会 第4回研究発表講演会. 2022.
- C. Dong, C. C. Loy, K. He, X. Tang, “Image Super-Resolution Using Deep Convolutional Networks”, arXiv:1501.00092, 2014.
- X. Wang, L. Xie, C. Dong, Y. Shan, “Real-ESRGAN: Training Real-World Blind Super-Resolution with Pure Synthetic Data”, arXiv:2107.10833, 2021.