



地方独立行政法人  
北海道立総合研究機構

コンステックグループ テクノフェア 2024

# AI画像認識を活用したRC造建築物 外壁の点検・調査支援技術の開発

北海道立総合研究機構 建築研究本部 北方建築総合研究所  
齊藤 隆典



## 建物の維持保全における課題

### 膨大な既存建築ストック

- 老朽化したRC造建築物の顕在化
  - ・ 法定点検（共同住宅や病院等）の対象
  - ・ 長寿命化診断や改修時期を迎えた建物
- 建築ストックの維持保全には人手が必要

### 人手不足

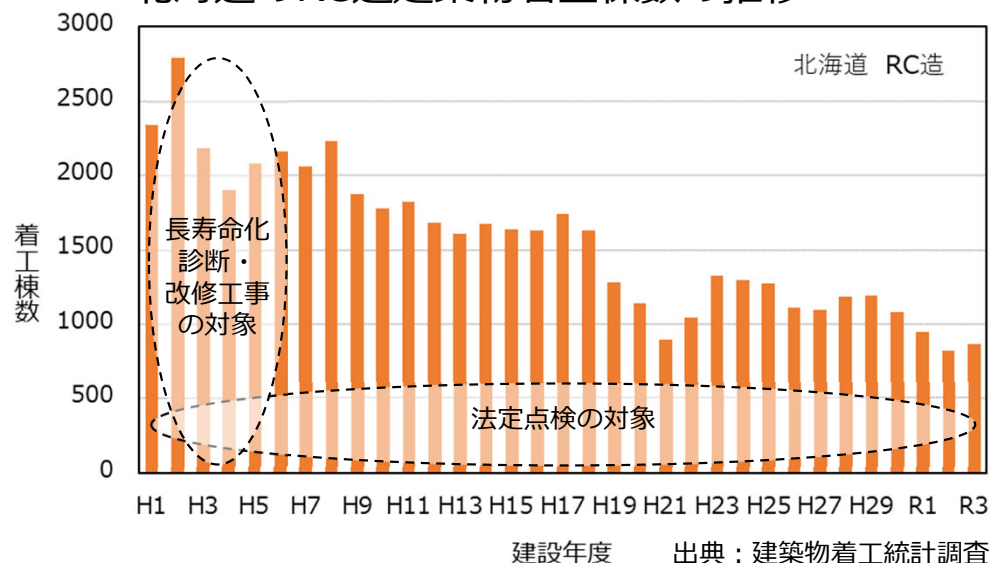
- 建設業の就業者数
  - ・ 減少傾向、就業者の高齢化も進行
  - ・ 人手不足が恒常化・深刻化



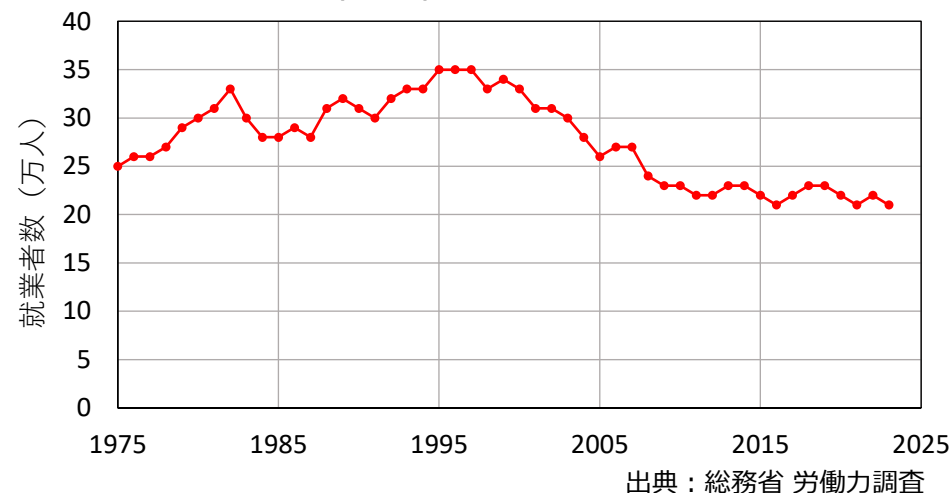
この相反する課題を解決するためには・・・

- 維持保全業務の省人化・合理化の実現
  - ・ ICTの導入・活用 → 調査結果の質安定
  - ・ ドローンの活用 → 安全性の向上
  - ・ 作業の自動化 → 人的エラーの低減

北海道のRC造建築物着工棟数の推移



北海道の建設業就業者数の推移



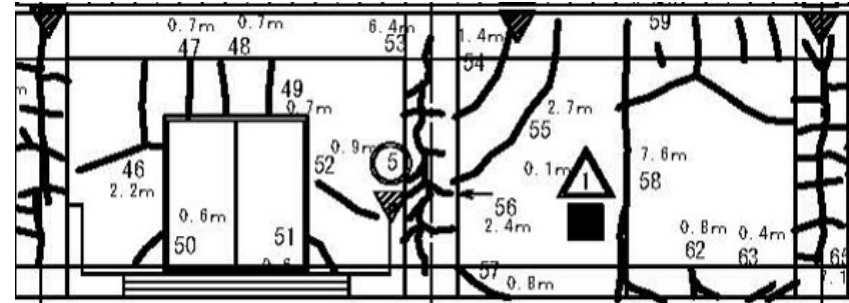
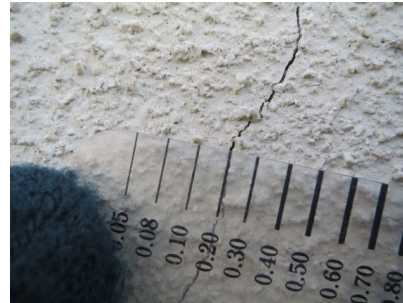
# 背景

## 建物外壁調査・診断等への画像認識AIの活用

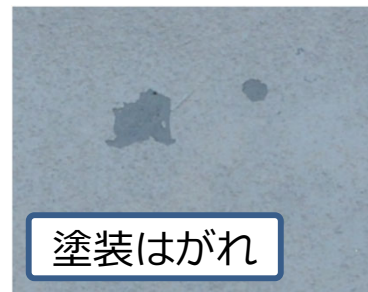
RC造建築物の現状  
建築の維持保全  
点検・調査方法

老朽化した建築物が多く存在  
点検・調査には大きな労力  
目視調査・野帳記録の人的エラー

新たな技術開発の必要  
点検・調査の労力軽減及び  
検出精度の向上が課題



画像認識AIの外壁調査への活用 ・ 建築物には多様な外装仕上げや劣化があり未対応



重点研究：AIを活用したRC造建築物外壁調査・診断等の支援技術の開発（R5-R7）

➡ 北方建築総合研究所とコンステックとの共同研究を現在実施中

# AIとは？

## AI (Artificial Intelligence) の種類

### 特化型AI (弱いAI)

特定のタスクを自動化する  
人間の手で能力を向上

### 汎用型AI (強いAI)

自ら思考し多様な問題解決  
自律的に能力を向上

➡ 現在のAIと呼ばれるものはすべて特化型で、汎用型は実現していない

## AIができること (得意なこと)

**推論・予測**：チェス・将棋・囲碁AI、株価予測、危険予知、医療診断

**画像認識**：顔認証、医療診断、外観検査、品質検査、防犯対策

**音声認識**：自動翻訳、音声テキスト化・要約、自動応答 (Siri 等)

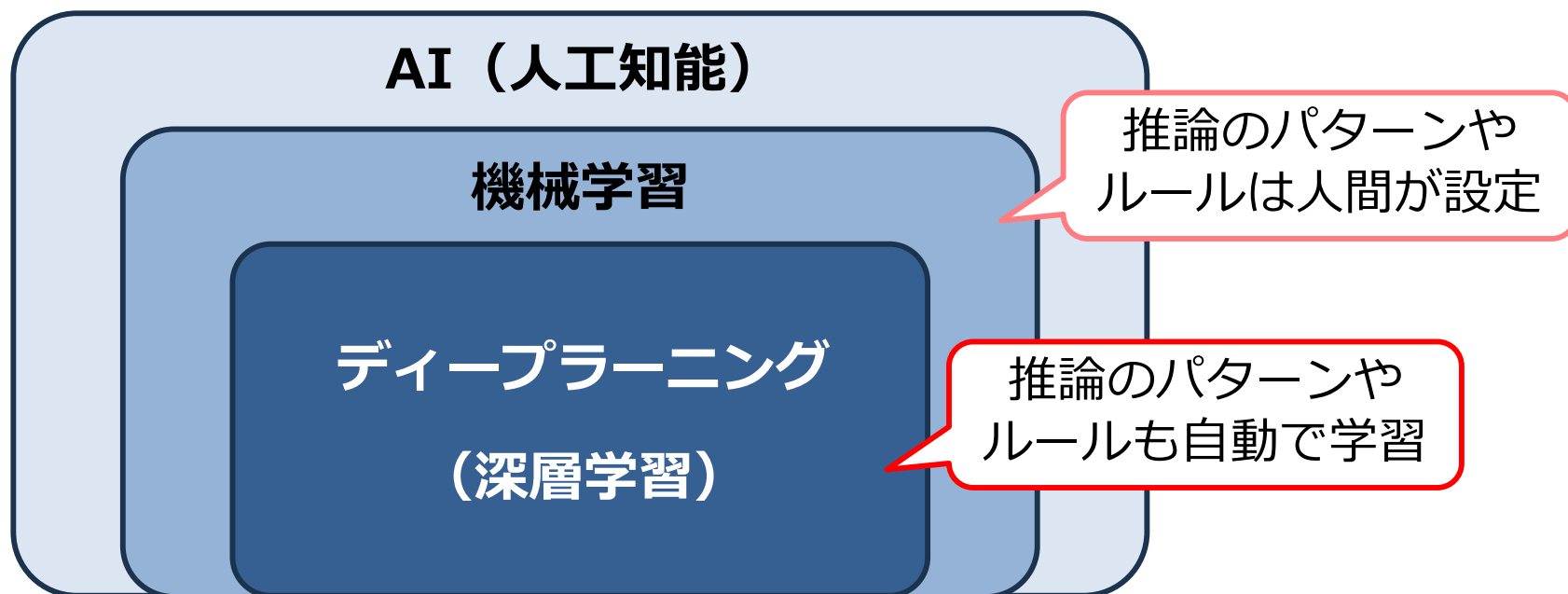
**機械制御**：自動運転、空調制御、ロボット制御、建設機械制御

**データ生成**：画像生成、音声生成、プログラムコードの自動生成・修正

➡ 膨大なデータを用いた学習により既にAIが人間を超えているタスクも

# AIとは？

## AIと機械学習・深層学習の関係



**機械学習**：コンピュータにデータ特徴を習得させ分析や予測を行う方法  
「決定木」「遺伝的アルゴリズム」「サポートベクターマシン」

**ディープラーニング**：機械学習の発展手法で、より推論の高度化が可能に  
数理モデル（ニューラルネットワーク）がベース  
現在のAI分野で最も多く利用されている代表技術

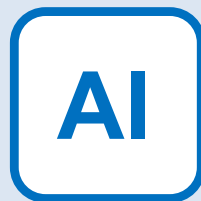
# AIとは？

## AIの学習・推論の流れ

### 【学習時のプロセス】



教師データセット



未学習AI

推論のパターンや  
ルール（特徴量）  
を分析・抽出



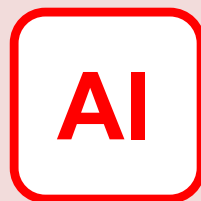
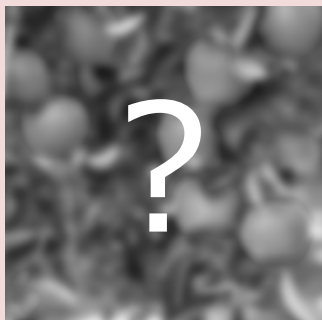
特徴量に基づき  
推論する**学習済AI**



### 【推論時のプロセス】



未知の入力データ



学習済AI



推論結果



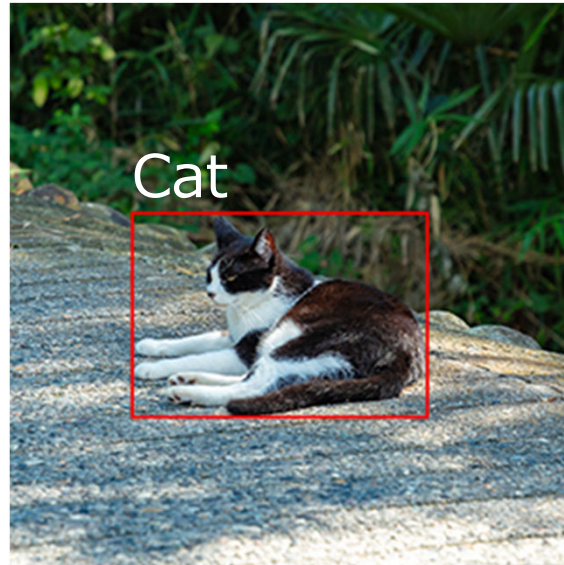


# AIとは？

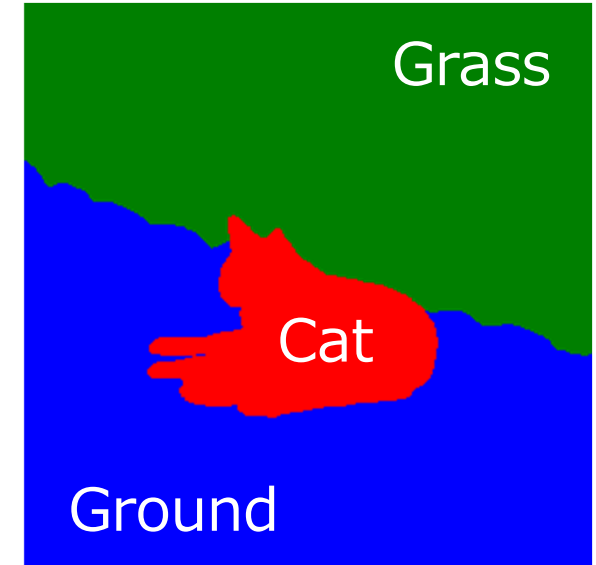
## 画像認識AIの種類



画像分類  
(Classification)



物体検出  
(Object detection)



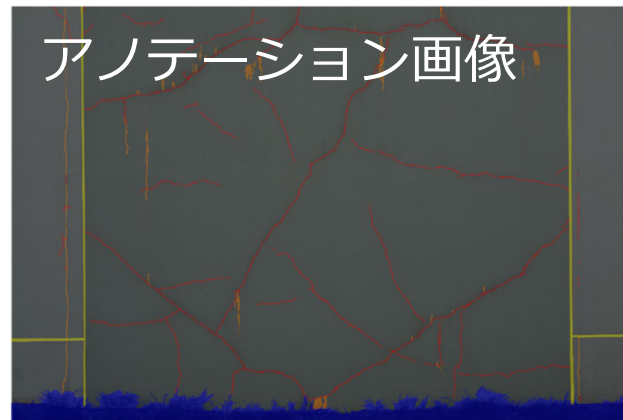
領域分割  
(Segmentation)



- 画像分類：画像中に何が写っているかを予測する
- 物体検出：画像中のどこに対象物が写っているかを検出する
- 領域分割：画像ピクセルレベルで対象物の領域と種別を検出する

# 外壁劣化検出AIの構築

## 教師データセット作成に必要な画像アノテーション



### アノテーション凡例

- : ひび割れ
- : エフロレッセンス
- : 鉄筋露出
- : 欠損
- : 塗装はがれ
- : 汚れ・水跡
- : 外壁目地
- : 植栽
- : 背景・その他

■ 撮影画像を基に検出オブジェクトを色情報（RGB 値）で分類

■ 検出対象オブジェクト

【劣化】 ひび割れ／鉄筋露出／欠損／塗装はがれ／エフロレッセンス

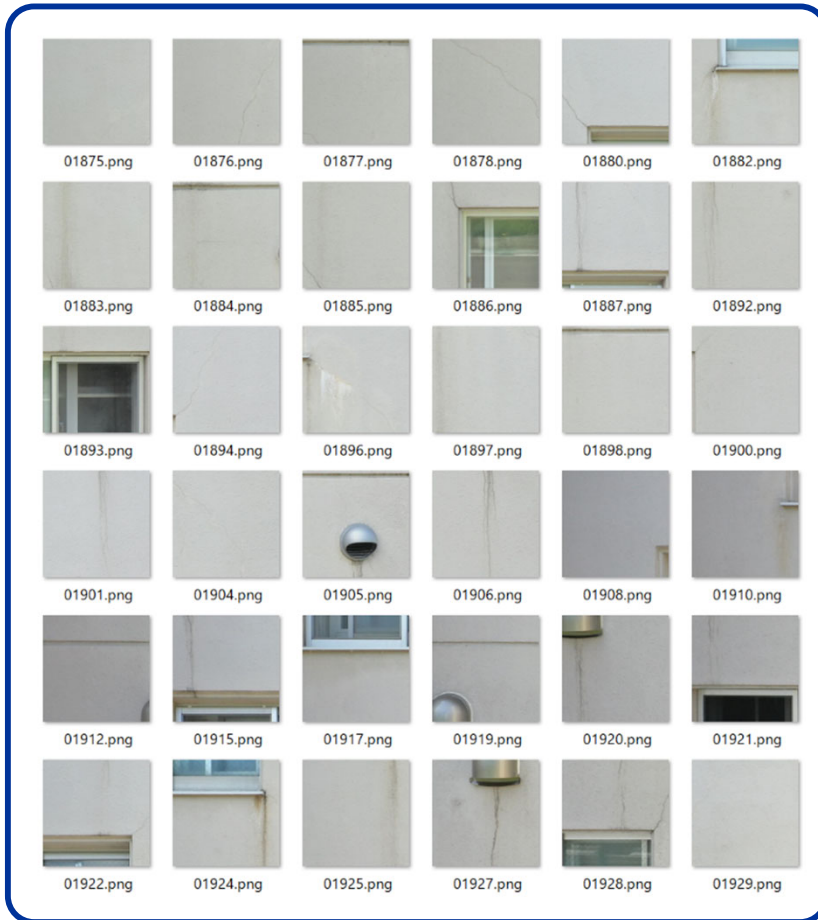
【劣化以外】 汚れ（水跡）／外壁目地／植栽



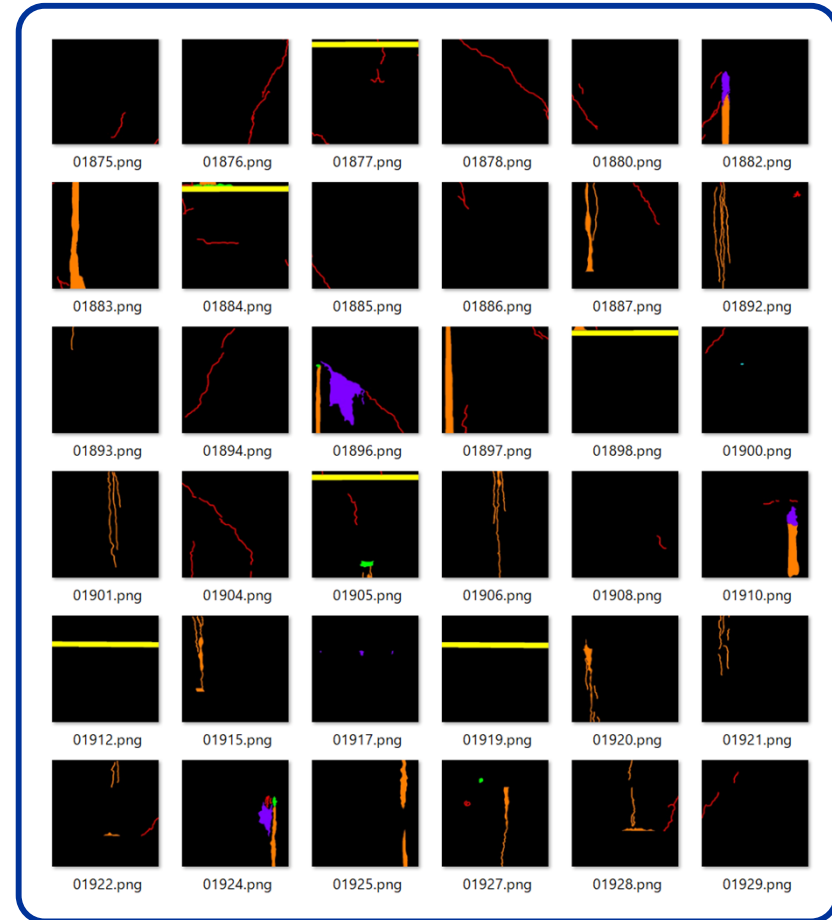


# 外壁劣化検出AIの構築

## AI学習用の教師データセット



+

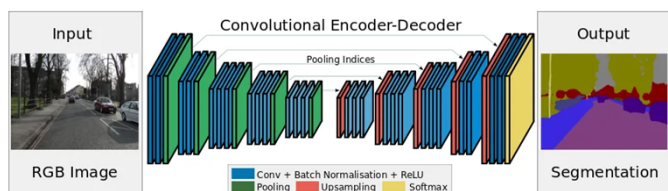


- 学習用サイズ (448\*448 px) でアノテーション画像から切出し
- 学習用 80% : 25,600セット / 学習時検証用 10% : 3,200セット / 本検証用 10% : 3,200セット

# 外壁劣化検出AIの構築

## 学習用ニューラルネットワーク（セグメンテーション）

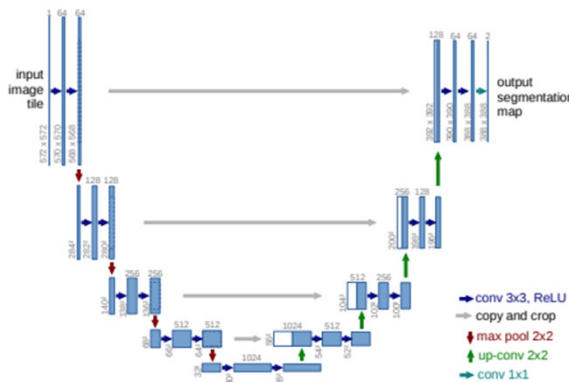
### SegNet (2015)



画像出典

V. Badrinarayanan, A. Kendall, and R. Cipolla, SegNet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Image Segmentation, arXiv:1511.00561, 2015

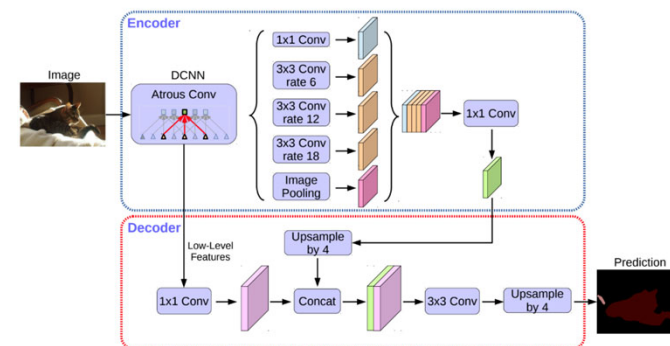
### U-Net (2015)



画像出典

O. Ronneberger, P. Fischer and T. Brox, U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation, arXiv:1505.04597, 2015

### DeepLab v3+ (2018)



画像出典

L.-C Chen, Y. Zhu, G. Papandreou, F. Schro and H. Adam : Encoder-Decoder with Atrous Separable Convolution for Semantic Image Segmentation, arXiv:1802.02611(v3), 2018

**SegNet** : 車載カメラ前方画像の物体セグメンテーション用に開発  
ケンブリッジ大学の研究チームにより提案

**U-Net** : 生物医学画像（セル画像）のセグメンテーション用に開発  
フライブルク大学の研究チームにより提案

**DeepLab v3+** : 検出物体の境界付近の処理性能向上を目的に開発  
Googleの研究チームにより提案

# 外壁劣化検出AIの構築

## 劣化検出精度の評価

混同行列（正解値と予測値の対応関係）

		予測値								
		ひび割れ	鉄筋露出	はがれ	欠損	エフ口	汚れ	目地	植栽	背景
正解値	ひび割れ	0.83973	0.00119	0.00579	0.00027	0.00124	0.05135	0.00477	0.00000	0.09564
	鉄筋露出	0.00000	0.99979	0.00000	0.00000	0.00021	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
	はがれ	0.00422	0.00057	0.80775	0.01574	0.00177	0.04926	0.02289	0.00000	0.09781
	欠損	0.02788	0.28259	0.00138	0.63777	0.00000	0.00705	0.00000	0.00383	0.03952
	エフ口	0.00000	0.00000	0.00242	0.00000	0.99638	0.00121	0.00000	0.00000	0.00000
	汚れ	0.02223	0.00000	0.02275	0.00253	0.00198	0.88069	0.00230	0.00000	0.06751
	目地	0.00206	0.00000	0.00075	0.00000	0.00002	0.00001	0.99025	0.00002	0.00688
	植栽	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00004	0.99685	0.00312
	背景	0.01643	0.00070	0.00162	0.00024	0.00031	0.00949	0.00704	0.00356	0.96060

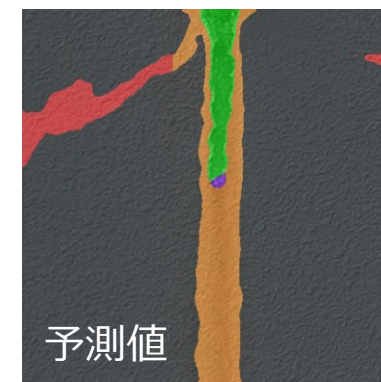
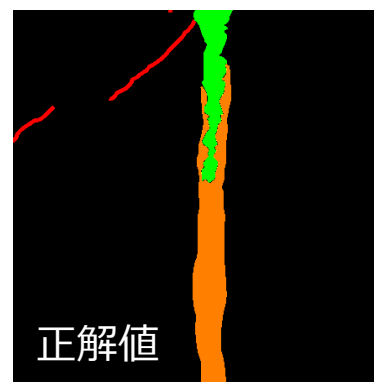
### ■ 検出対象の正解率（R6.10 現在）

ひび割れ：83 %    鉄筋露出：99 %

はがれ：80 %        欠損：63 %

エフ口：99 %

### ■ 検出対象のF値（平均）：0.611



➡ 予測値は正解値の80%以上をカバーしているが、余計な箇所も検出

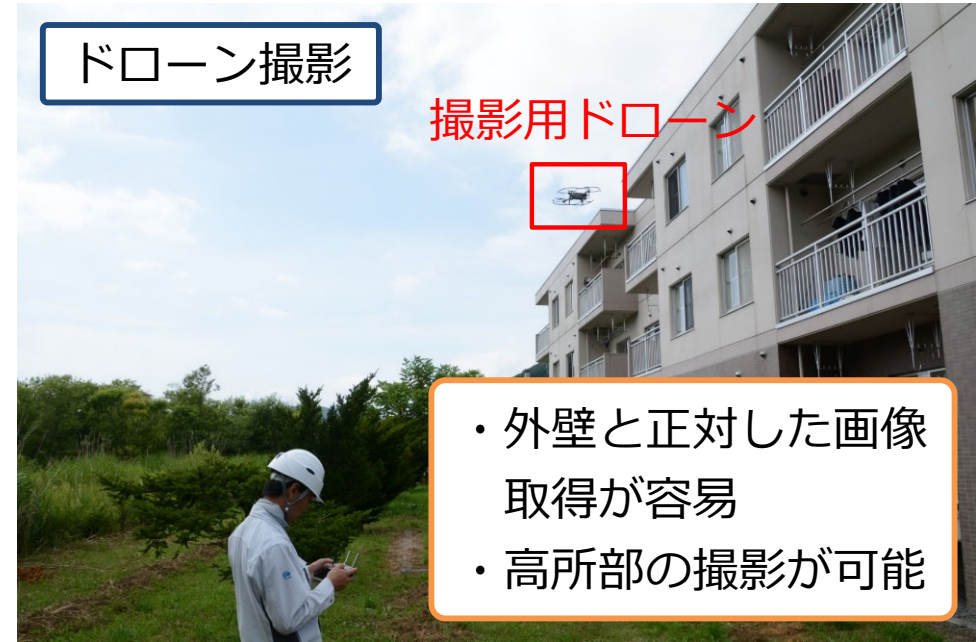
# 外壁の撮影条件・撮影方法

## 必要分解能を満たすための撮影方法

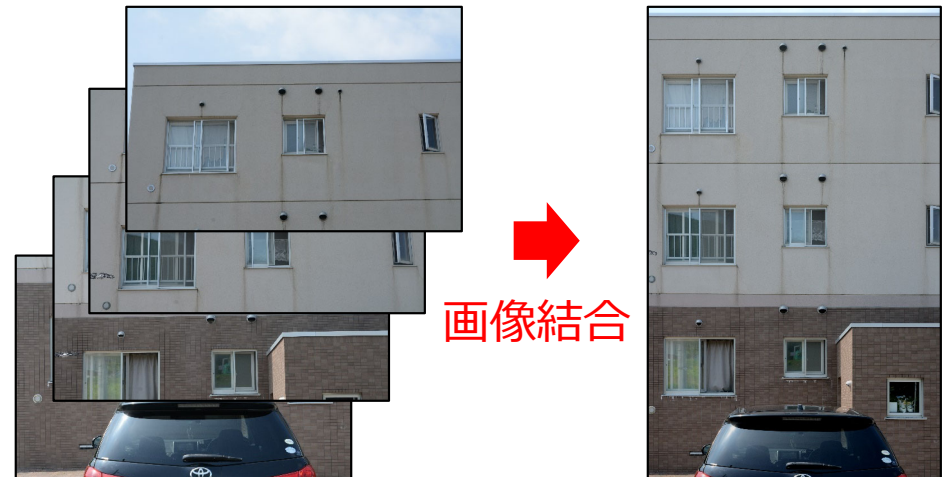
地上撮影



ドローン撮影



- 提案方法による建物外壁の撮影
  - ・ AI検出の検証用画像の取得
  - ・ ドローンによる外壁撮影の試行
- 画像処理による分割画像の結合
  - ・ 画像中の共通情報から結合
  - 分割画像のラップ率の検討





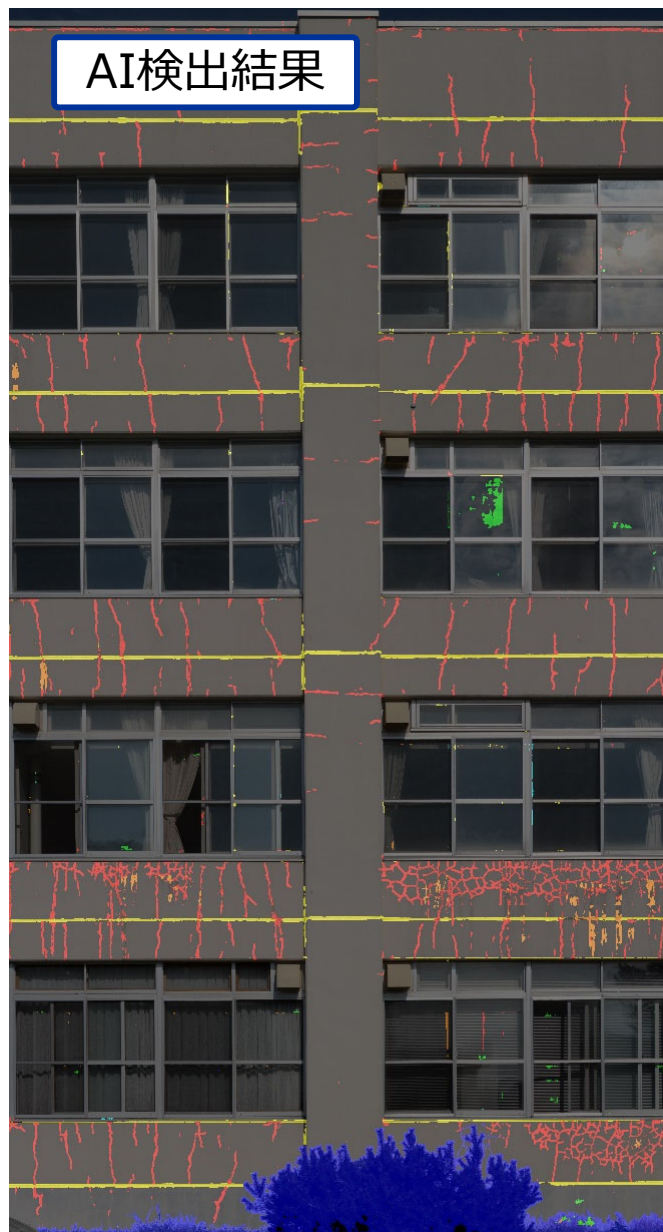
# AIによる外壁劣化検出結果の例

## 道内高等学校 校舎棟

- ・ 建築年：平成13年  
(2001年)
- ・ 構造：RC造4階
- ・ 外壁仕上：複層塗材
- R4年度：改修設計
- R5年度：改修工事

### 検出セグメント凡例

- ：ひび割れ
- ：はがれ
- ：鉄筋露出
- ：欠損
- ：エフ口
- ：汚れ水跡
- ：外壁目地
- ：植栽



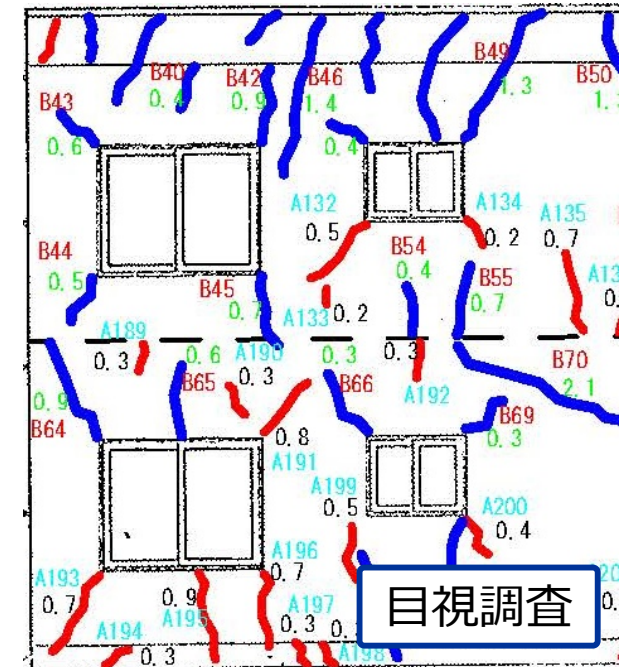
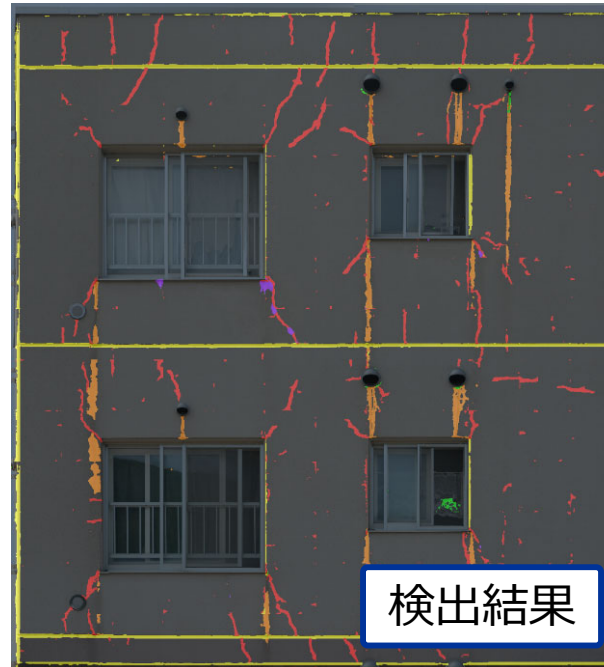
目視調査結果	
39	40
39	40
66	68
67	69
83	
41	
70	74
71	72 / 73



# AIによる外壁劣化検出結果の例

## 道内公営住宅 外壁

- ・ 竣工年：平成11年（1999年） 24年経過（R5年度調査時） 外部改修履歴無
- ・ 構造：鉄筋コンクリート造 3階建て
- ・ 外壁仕上げ：複層塗材E（2～3階） / タイル貼り（1階） ※本研究では対象外



- 目視調査結果（ひび割れ箇所）の85%以上の箇所で検出結果が対応する
- 教師データ追加によってひび割れと汚れの分離やエフ口の検出が可能に

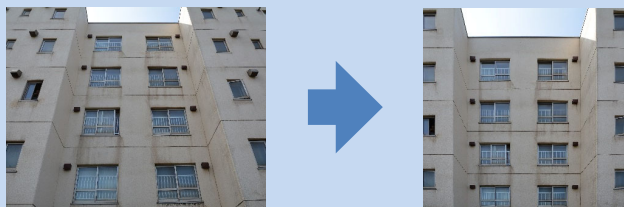
# 調査支援ソフトウェアの開発

ソフトウェアとしてパッケージ化

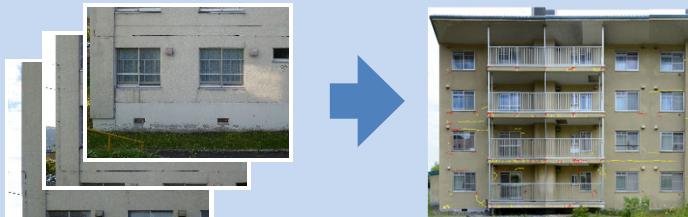


学習済AIによる劣化検出

撮影画像の射影変換



分割画像の結合処理



劣化箇所や劣化量の出力



ひび割れ数量：\*\* m  
欠損部数量：\*\* m<sup>2</sup>  
鉄筋露出部数量：\*\* m<sup>2</sup>  
浮き部数量：\*\* m<sup>2</sup>  
【判定結果：■】

R5年度

- 劣化検出用AIの構築
- 画像処理プログラムの基本検討
- ソフトウェア仕様の検討



R6年度

- プロトタイプ版の作成  
処理機能実装・GUI作成等
- ソフトウェア試行・改良点抽出



R7年度

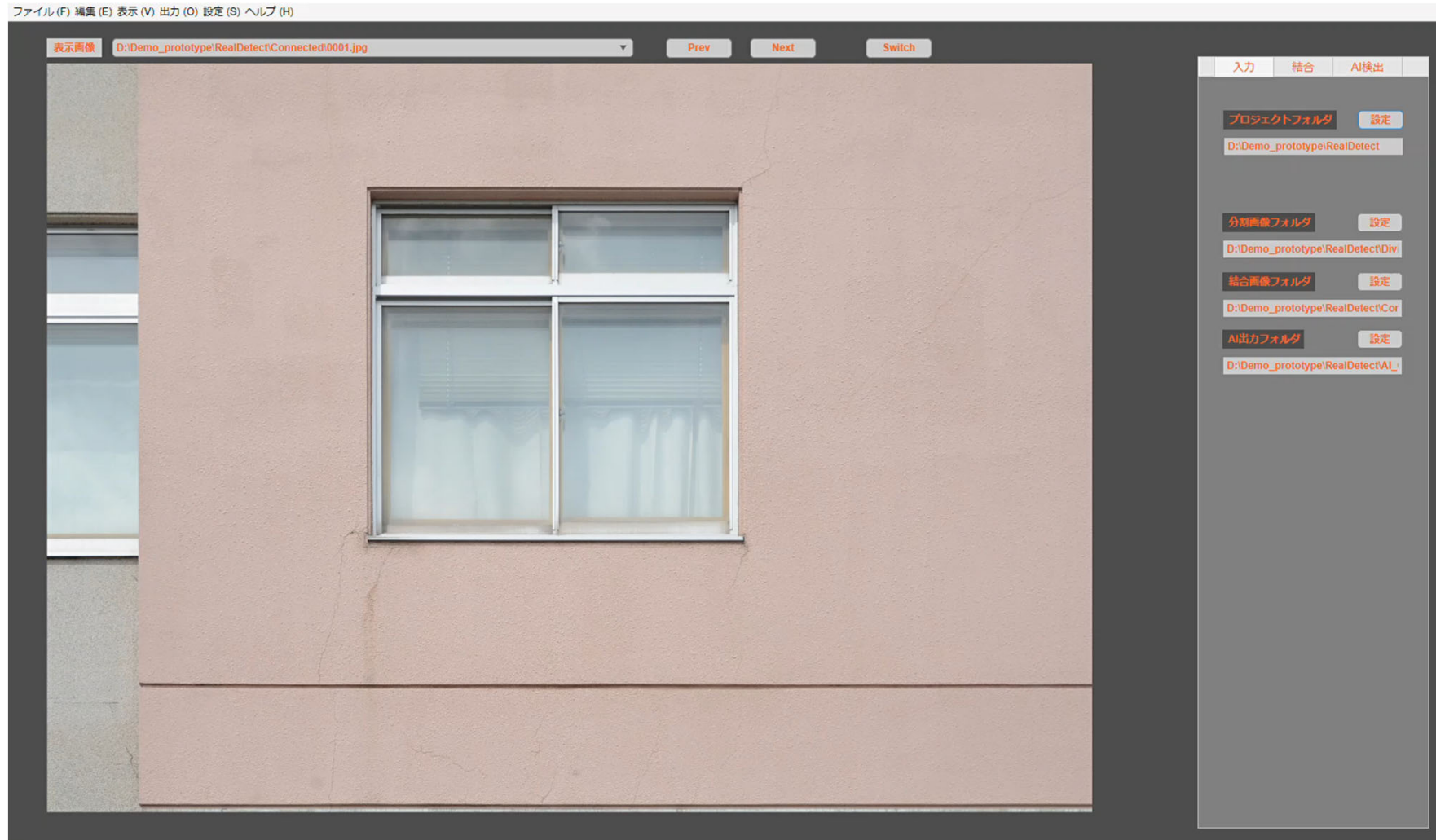
- リリース版に向けた開発作業
- 現地調査試行・改良点抽出



# 調査支援ソフトウェアの開発

## ソフトウェアプロトタイプを紹介

AIを用いた外壁劣化検出のデモンストレーション用プログラム





# これまでの研究状況と今後の展開

## 実建物調査・撮影方法の検討



- AI学習・画像処理用データ取得
- 検出に不可欠な条件等の確認

## 検出用AIの構築・ソフトウェア化



- 検出AIの構築・学習の最適化
- 支援技術の実用化に向けた取組

- プロトタイプ → 実務使用での検証と機能改良 → リリース版作成
- 支援技術による負担軽減効果や正確性向上等の有効性の検証

## 【想定している活用】

- RC造建築物の外壁調査・点検や改修設計時の概数見積等での支援技術
- AIや教師データは今後の性能改良や適用範囲の拡張に利用