

人間とAI協働型画像損傷セグメンテーションの開発

- 党紀 埼玉大学



Youtube: 毎日新聞, 2021/10/04 和歌山
「六十谷(むそた)水管橋」
9月の目視点検で異常報告なし



Youtube: 毎日新聞 2022年1月29日
ピッツバーグ市フェーンホロー橋崩落
2019年点検(Poor)



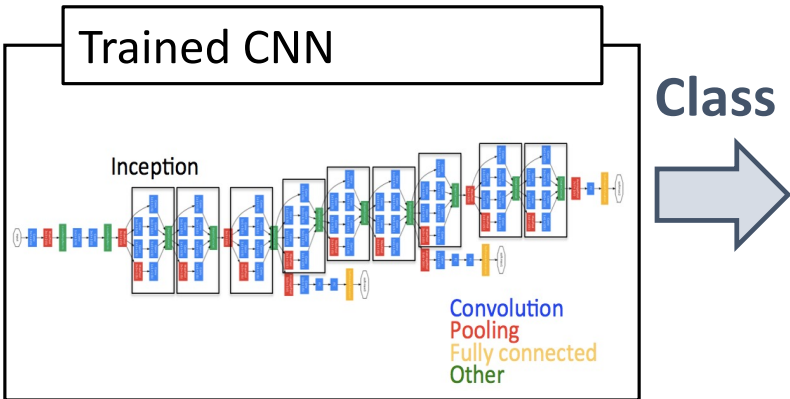
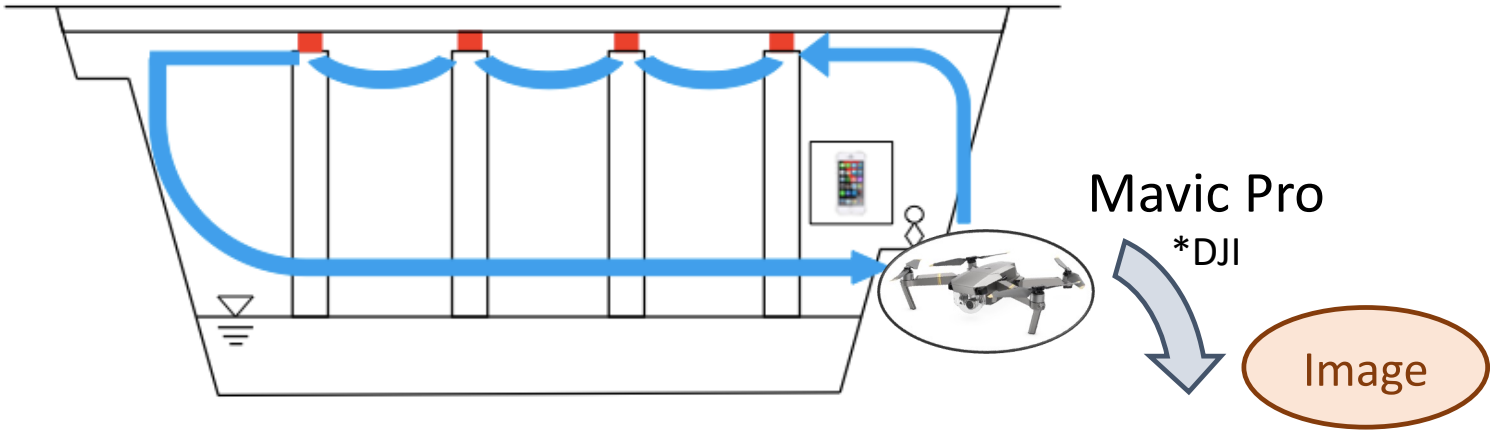
Youtube: ANN News 2019/10/1
台湾宜蘭鋼製アーチ橋
「南方澳跨港大橋 (なんぽうおうこうだいきょう)」
原因：ケーブルの腐食

UAVによる橋梁点検とAIによる損傷検出

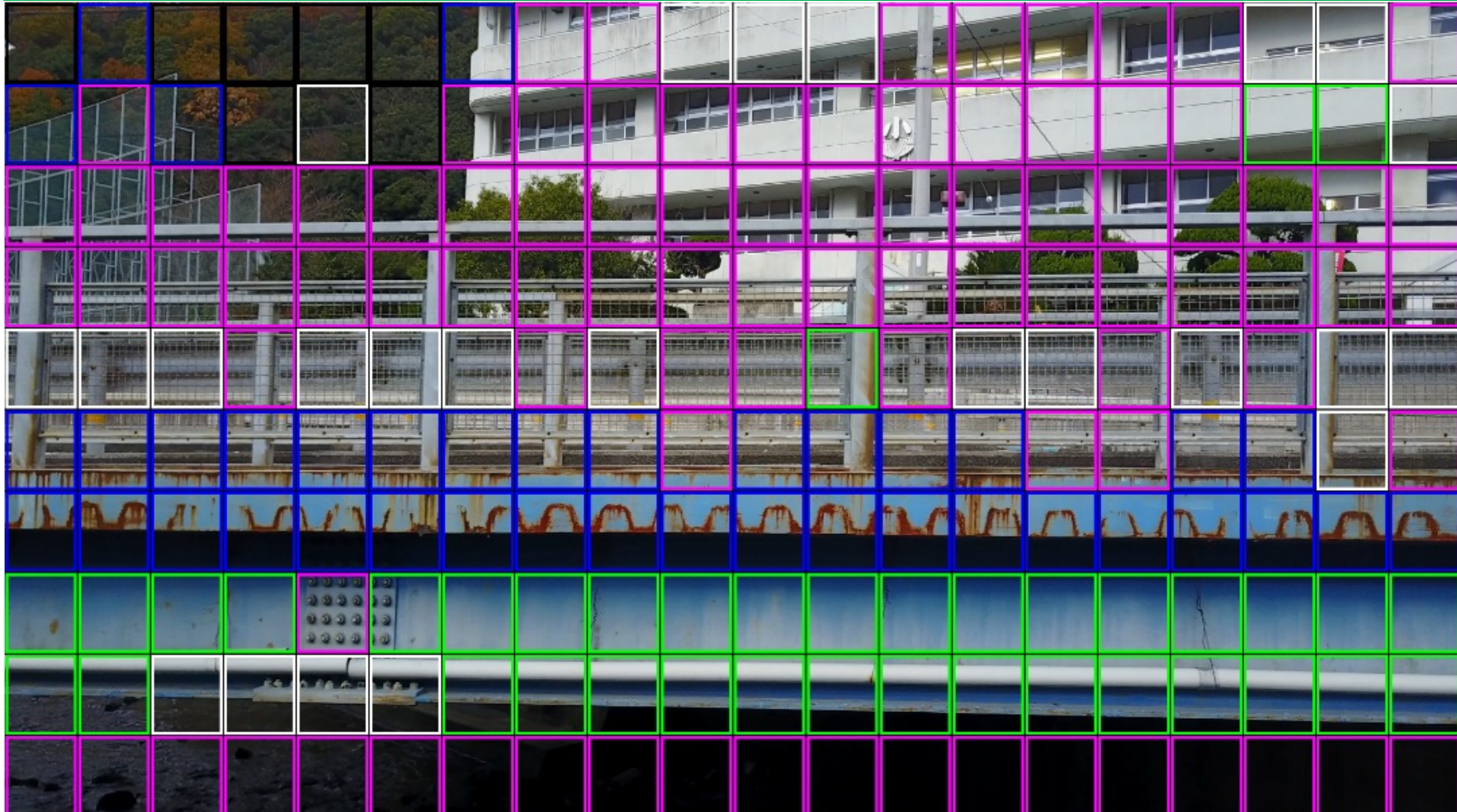
- 現地の作業時間を短縮
 - 部分的にUAVの点検で実施
 - 夜間作業の短縮
- 交通規制の時間を短縮
 - 点検車両
- 事務所における写真整理の短縮
 - AIによる損傷認識
- CAD製図の時間を短縮
 - セマンティックセグメンテーション
- レポート制作時間の短縮
 - 言語系AIの活用



UAV Inspection



Mixed Training

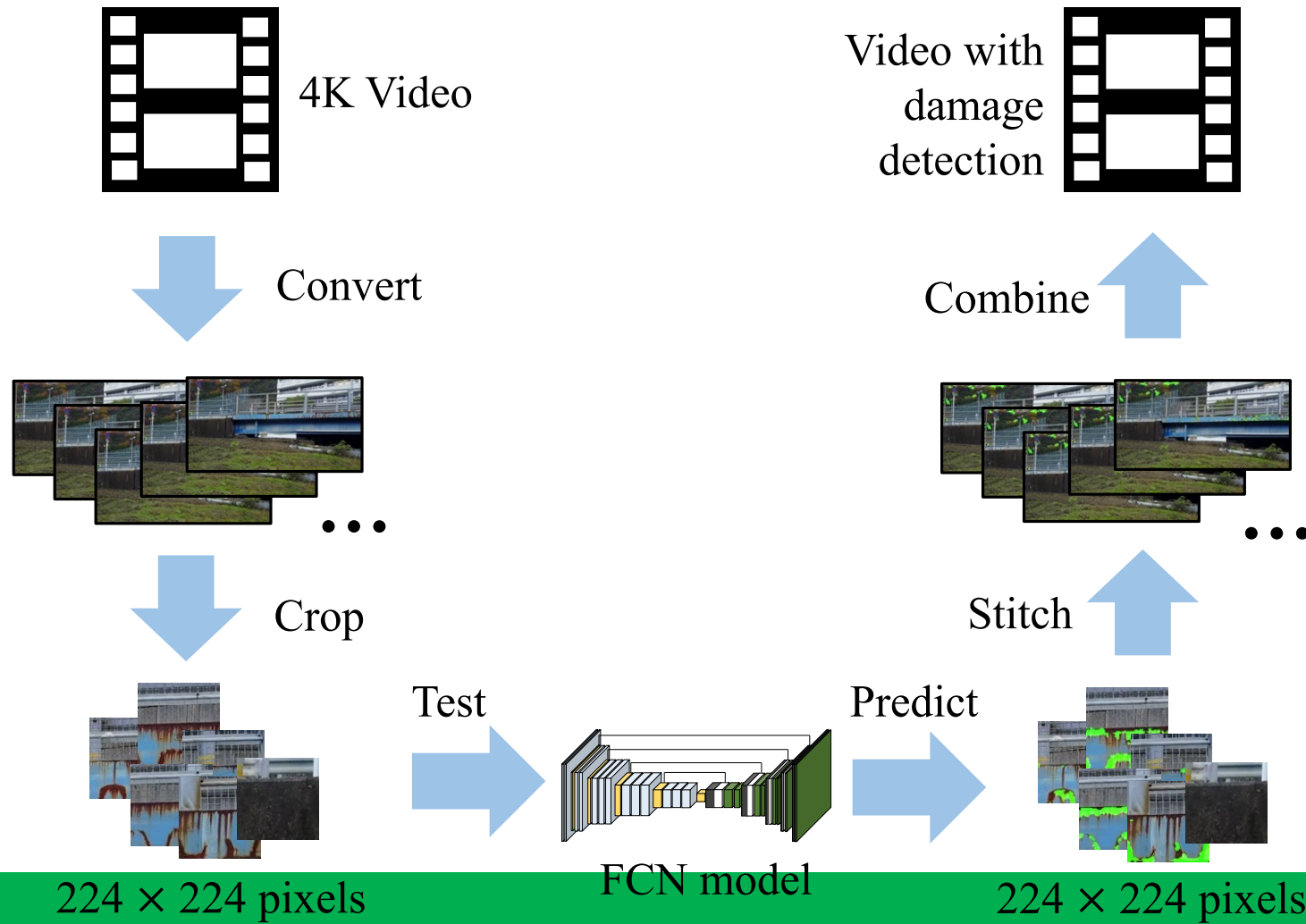


- 背景
- 漏水
- 無損傷(鋼材)
- 腐食
- 無損傷
(コンクリート)

Semantic Segmentation



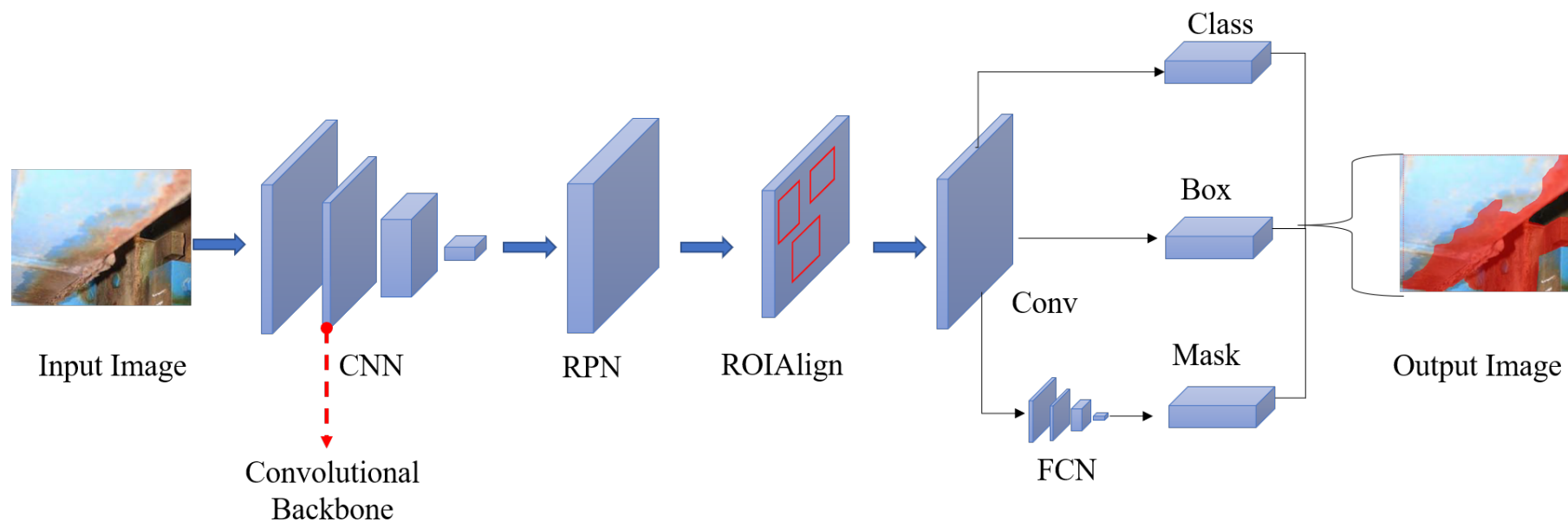
UAV video marking










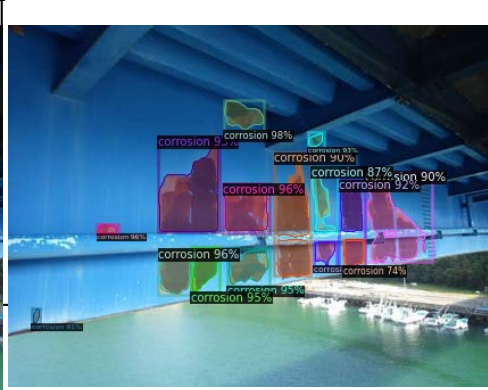
UAV video marking



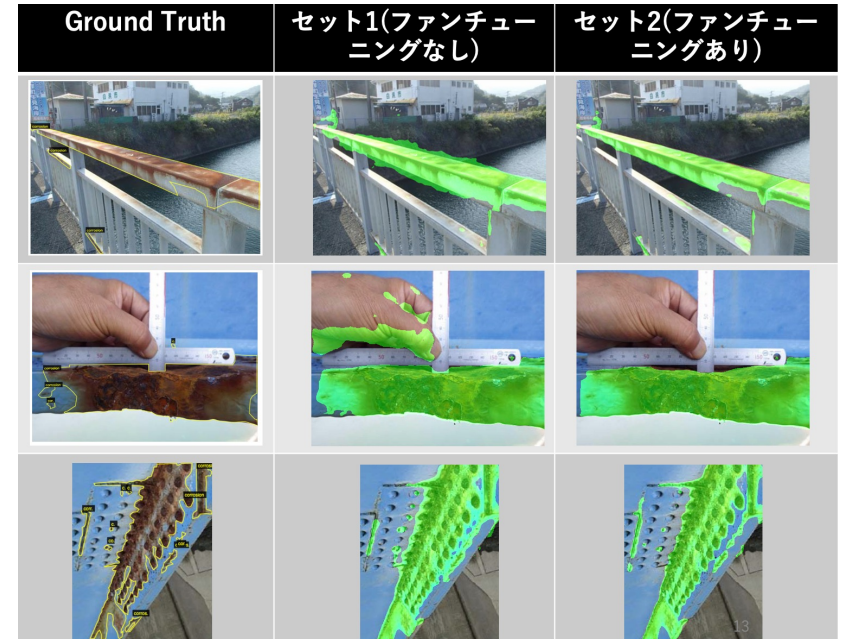
Architecture of Mask R-CNN



Detection Result Comparison

Original Image	Ground Truth	Tensorflow+Keras	Detectron2 (Pytorch)
			
			

Deep Lab V3+



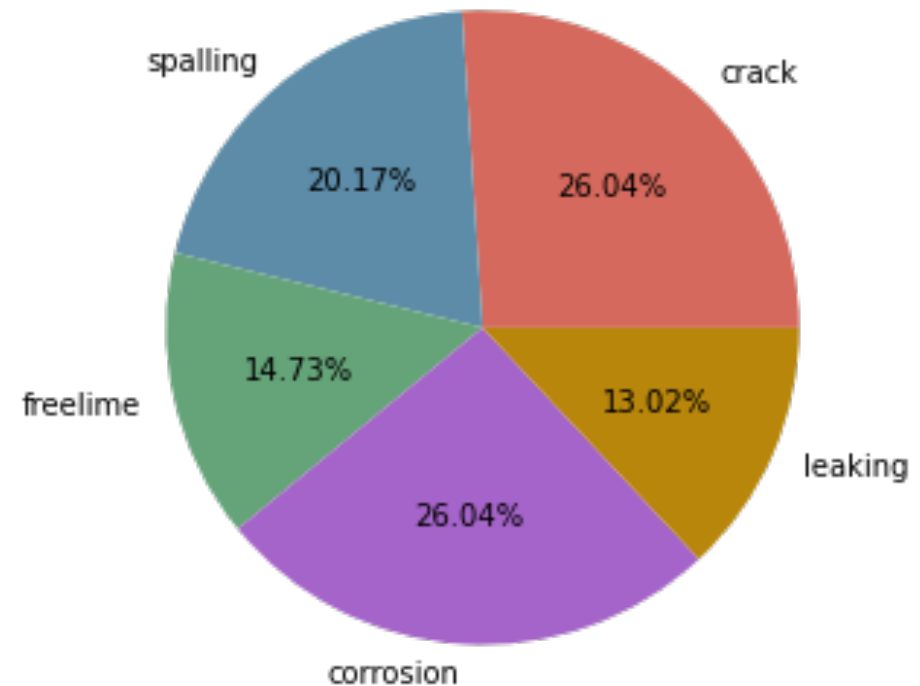
By Jiaming Liu

人間とAI協働型画像損傷セグメンテーション

課題目標 1 : 複数損傷を認識するAI

- All collected from inspection report

Type	Number
Corrosion	820
Crack	820
Spalling	635
Leaking water	410
Free lime	464
SUM	3149



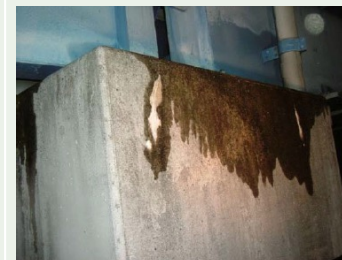
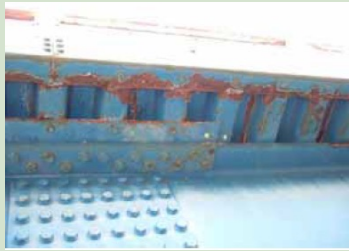
Corrosion

Crack

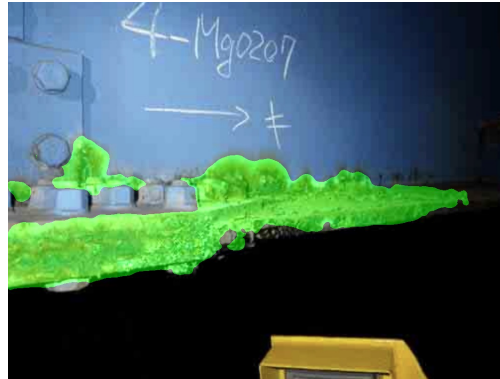
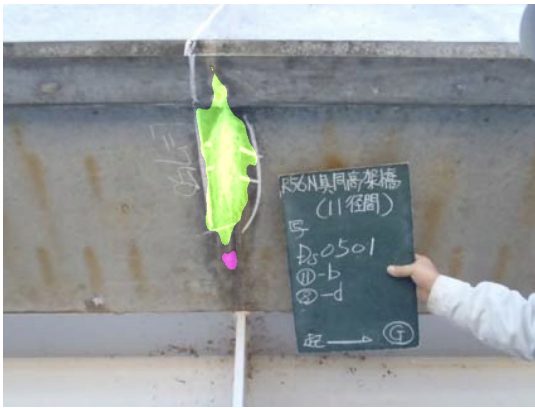
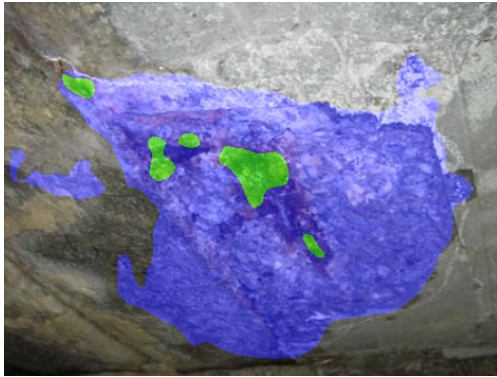
Spalling

Leaking water

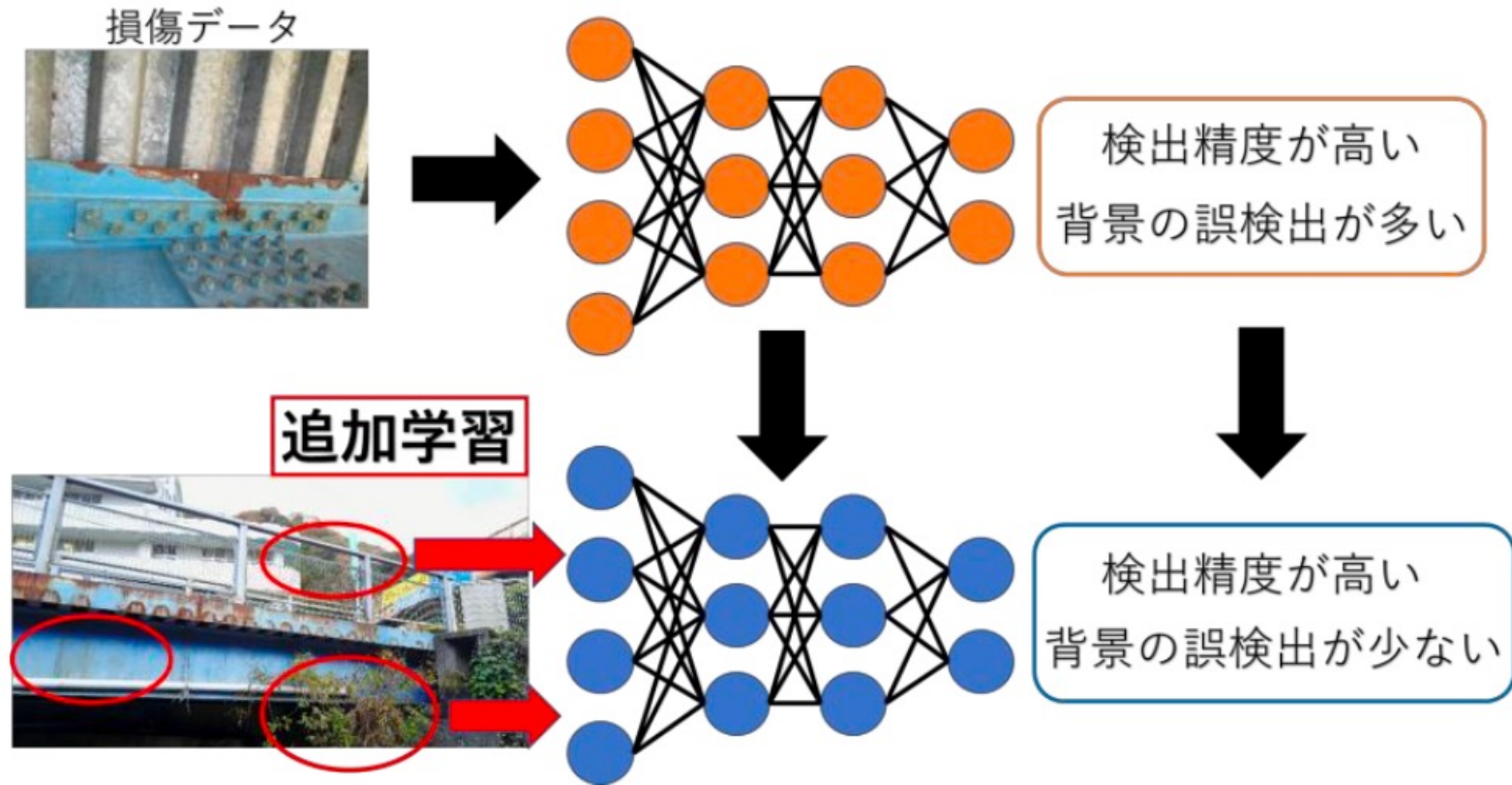
Free lime



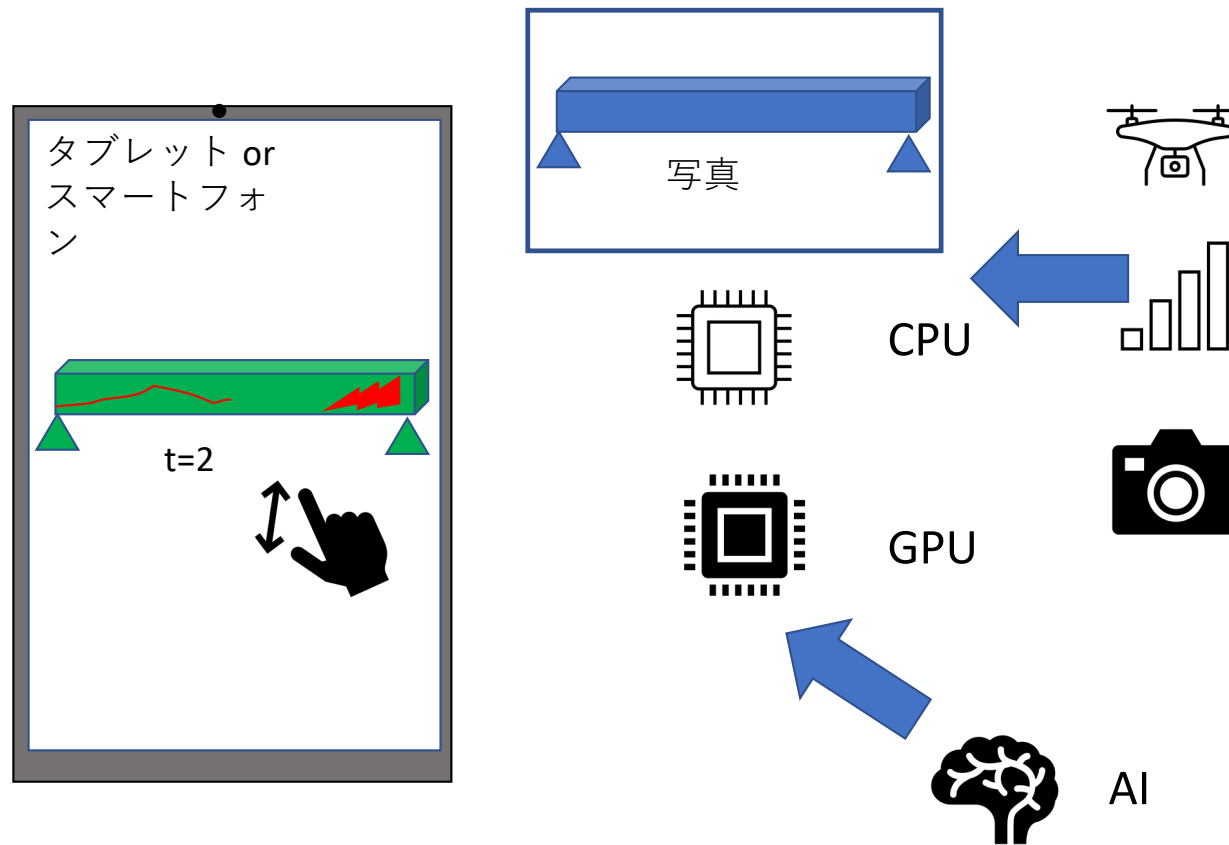
課題目標 1 : 複数損傷を認識するAI



課題目標 2 : 現場写真を用いた増強AI

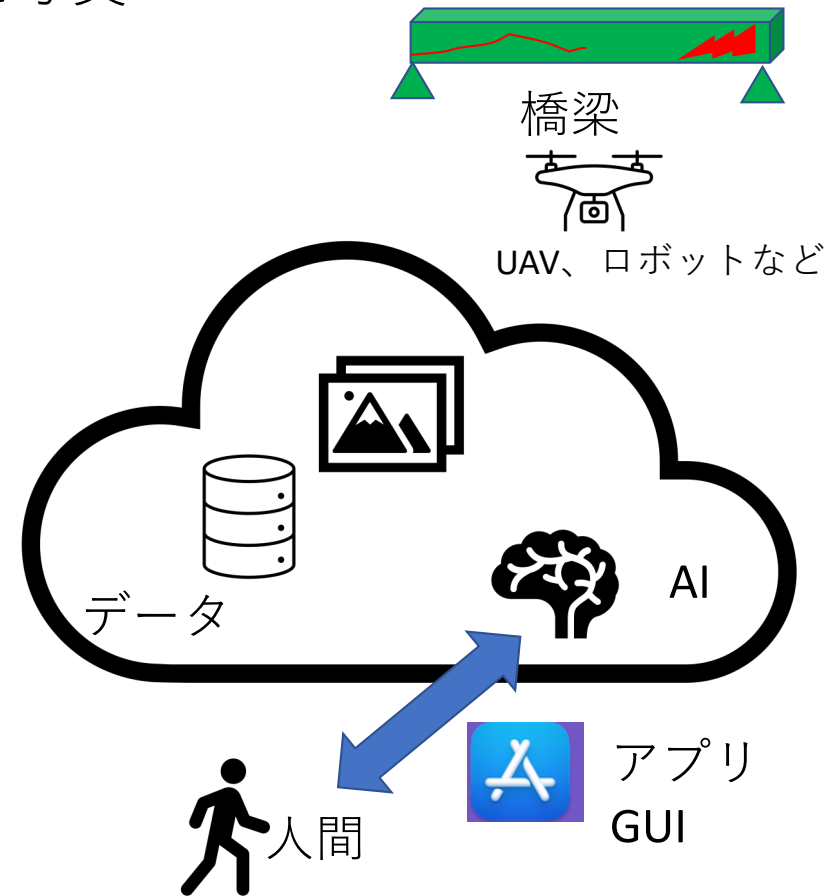


課題目標 3 : 損傷検出AIアプリ



課題目標 4 : 人間と協働型AIアプリ

- 作業者が承認された写真や修正された写真
- クラウドにアップロード
- 定期的にAIをクラウド上に訓練
- アプリに情報更新
- 損傷検出の精度IoUを95%に上がる



課題 1 の進展

Total Number of Image 新たに写真を



Damage	Number of image
Corrosion	3370
Crack	820
Spalling	635
Free lime	464
Leaking water	410
Total	5699



+1203

Number of image
3370
1259
887
731
655
6902

Dataset データセットのバランス調整



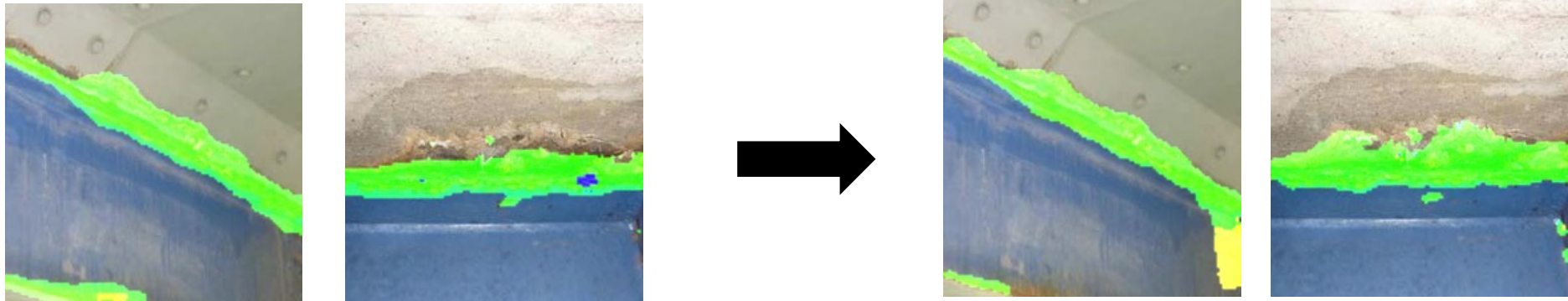
Damage	Number of image
Corrosion	820
Crack	820
Spalling	635
Free lime	464
Leaking water	410
Total	3149



Number of image
820
1236
864
722
640
4282

Corrosion 腐食の結果

U-Net

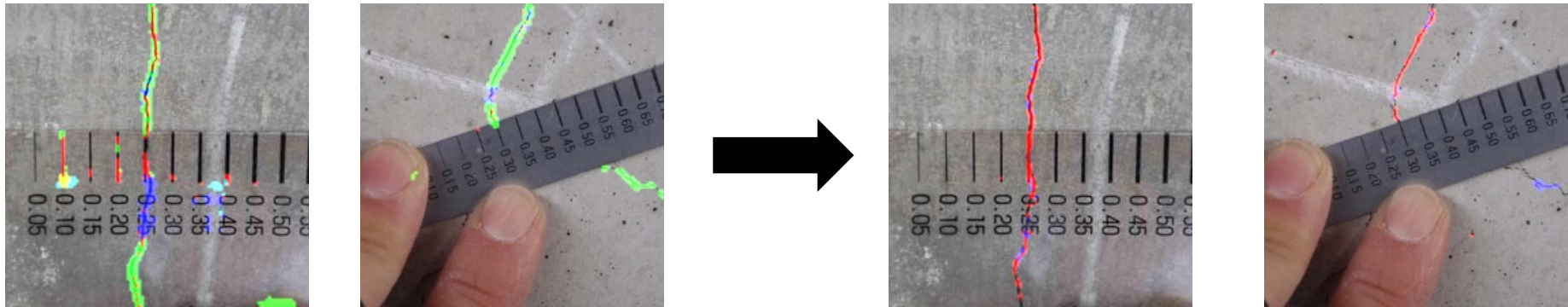


Deeplabv3+

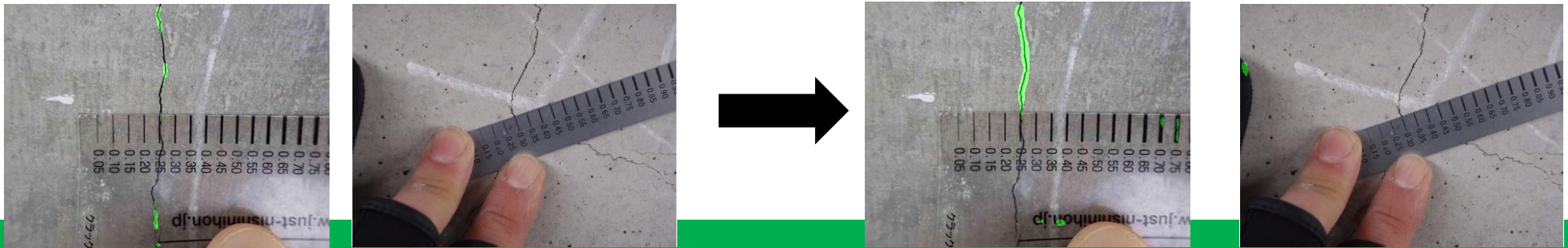


Crack

U-Net

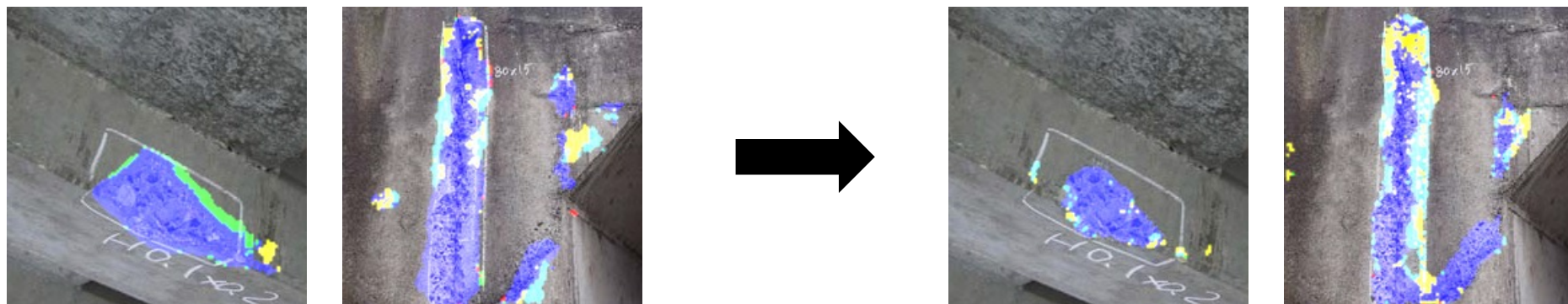


Deeplabv3+

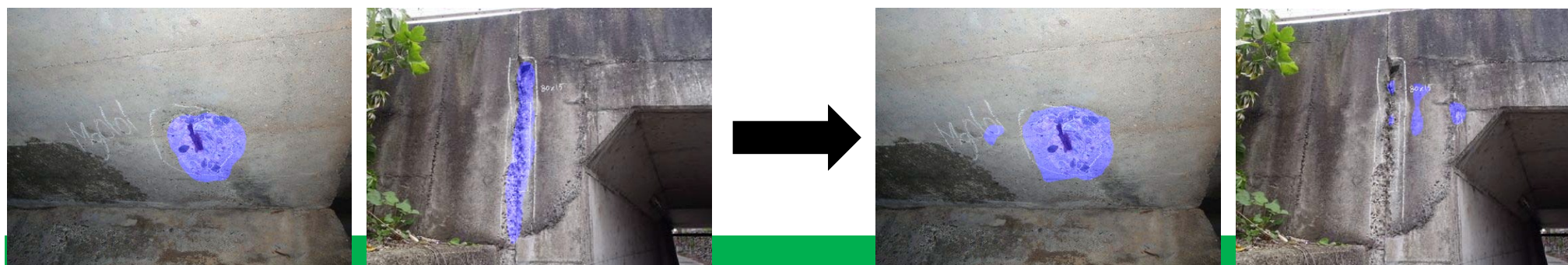


Spalling

U-Net

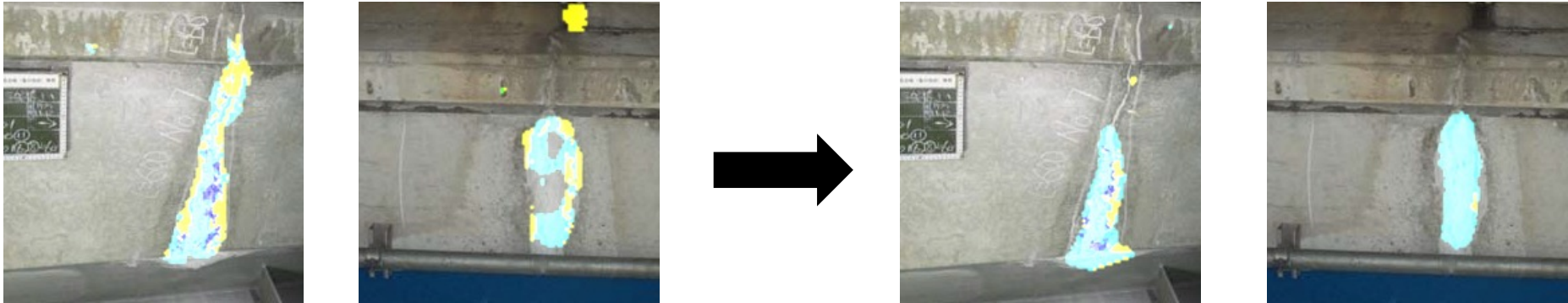


Deeplabv3+

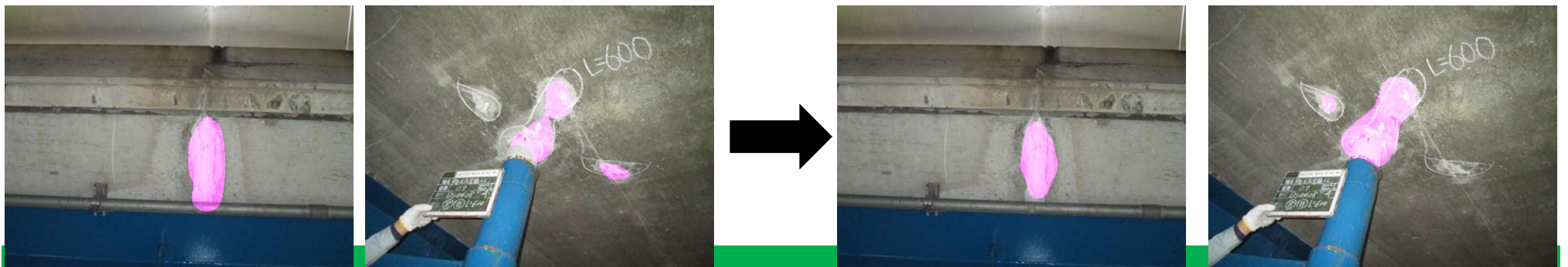


Free lime

U-Net

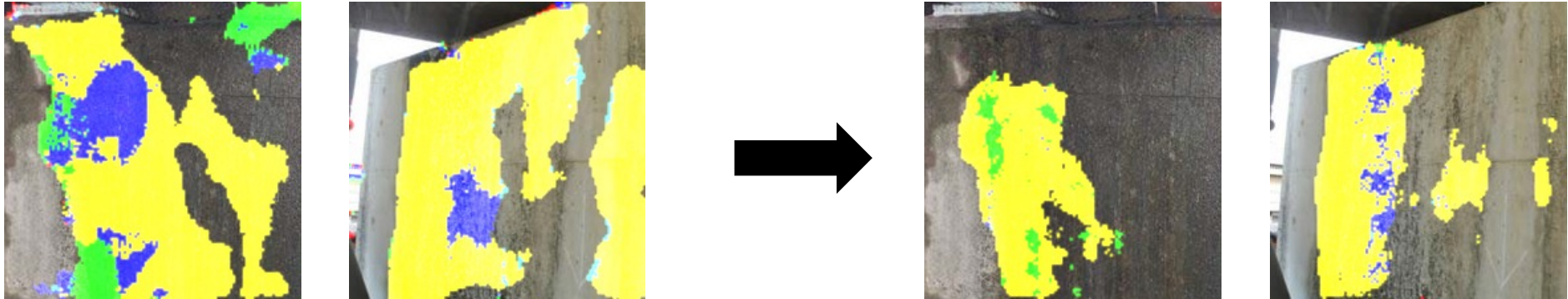


Deeplabv3+

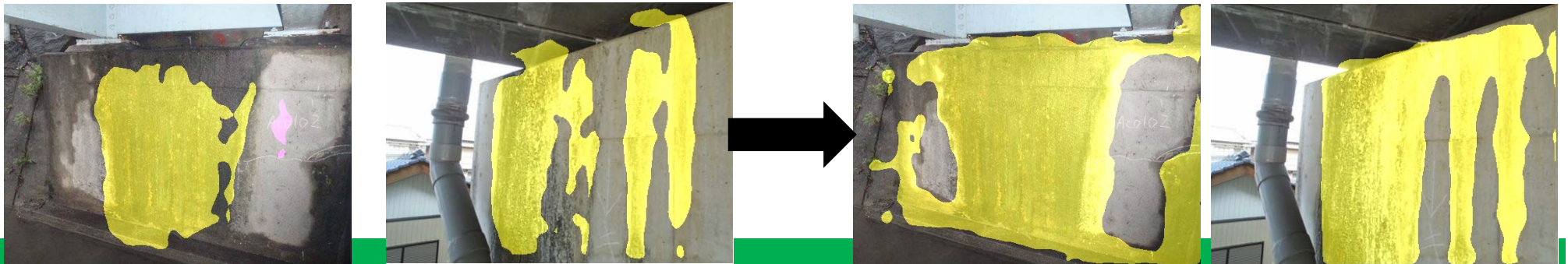


Leaking water

U-Net



Deeplabv3+

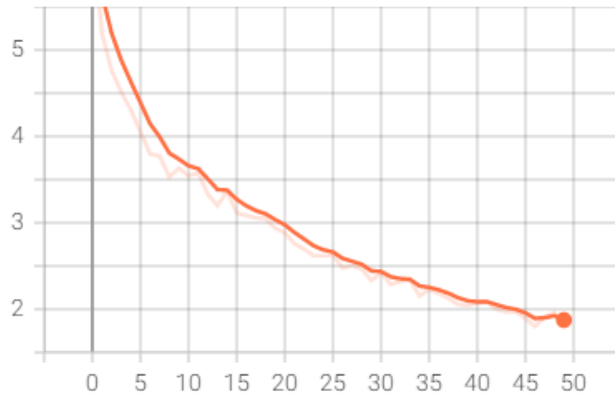


Deeplabv3+



Before

train/total_loss_epoch
tag: train/total_loss_epoch

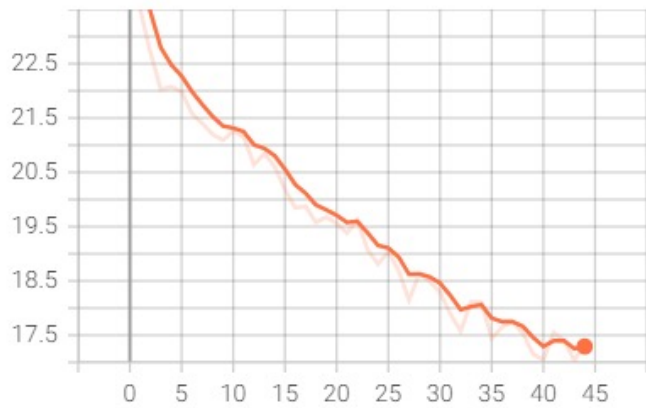


val/total_loss_epoch
tag: val/total_loss_epoch



After

train/total_loss_epoch
tag: train/total_loss_epoch

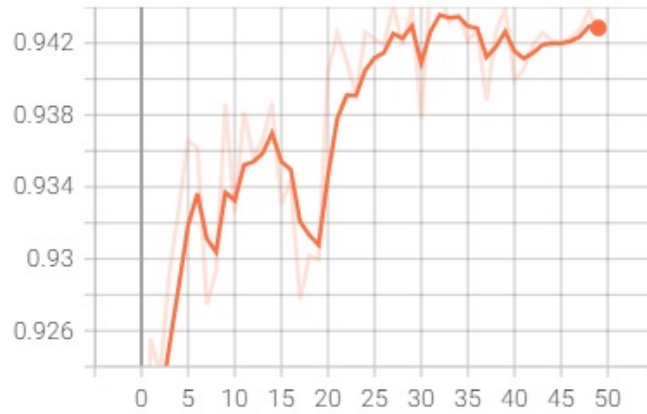


val/total_loss_epoch
tag: val/total_loss_epoch

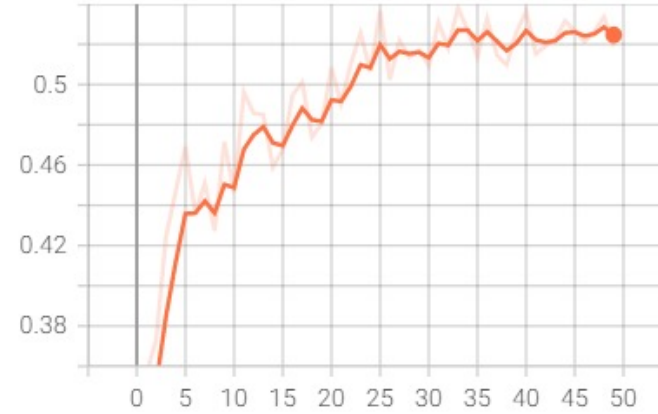


Before

val/Acc
tag: val/Acc

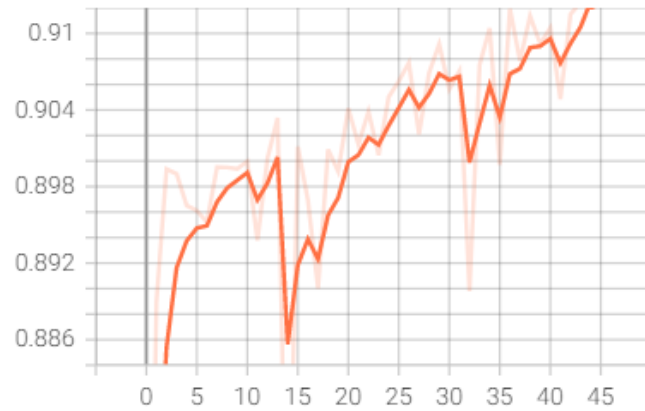


val/mIoU
tag: val/mIoU

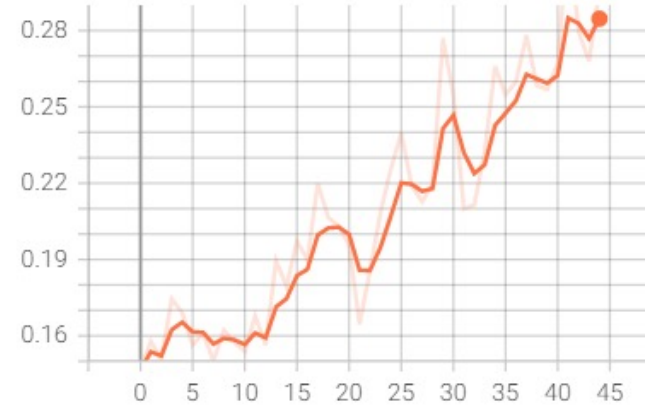


After

val/Acc
tag: val/Acc



val/mIoU
tag: val/mIoU



データの採取その一

大分におけるUAV橋梁撮影

対象橋梁



橋梁	形式	橋長	撮影箇所	UAV撮影方法	主な損傷	摘要
佐戸ヶ瀬橋	鋼2径間連続非合成箱桁橋	112.2m	全体像, 橋梁側面	DroneDeploy, 手動	ひび割れ, 遊離石灰, 漏水	耐候性鋼橋梁
天狗山大橋	鋼ランガー橋	115.0m	全体像, 橋梁側面, アーチ上部	DroneDeploy, 手動	防食機能の劣化	耐候性鋼橋梁
中津無礼橋	RC6径間単純床版橋	35.7m	全体像, 橋梁側面, 床版, 橋脚	DroneDeploy, 手動	剥離	
夏足大橋	2径間連続上路トラス橋	242.0m	全体像, 橋梁側面, 橋脚	DroneDeploy, 手動	遊離石灰	耐候性鋼橋梁
平井川大橋	3径間単純ラーメン箱桁橋	217.0m	全体像, 橋梁側面, 橋脚	DroneDeploy, 手動	ひび割れ, 遊離石灰	
新緒方橋	ローゼ桁下路式アーチ橋	54.0m	全体像, 橋梁側面, アーチ上部, 床版, 橋台	DroneDeploy, 手動	漏水	
奥嶽橋	鋼下路式並行弦ニールセンローゼ橋	170.0m	全体像, 橋梁側面	DroneDeploy, 手動		耐候性鋼橋梁
出会橋	石造単アーチ橋	32.3m	全体像, 橋梁側面, アーチ下部	DroneDeploy, 手動		石橋
轟橋	2径間石橋	68.9m	全体像, 橋梁側面, 下部工	DroneDeploy, 手動		石橋
茶屋ヶ鼻橋	鋼5径間ゲルバー形式鉸桁橋	177.0m	橋梁側面, 床版, 橋脚, 橋台	手動	腐食, 遊離石灰, ひび割れ	
川平橋	鋼単純鋼床版箱桁橋	54.0m	全体像, 橋梁側面, 床版, 橋台	DroneDeploy, 手動	防食機能の劣化, 遊離石灰	耐候性鋼橋梁
楠木橋	鋼2径間連続非合成鉸桁橋	62.0m	全体像, 橋梁側面, 床版, 橋台, 橋脚	DroneDeploy, 手動	遊離石灰, 漏水	耐候性鋼橋梁

橋梁一覽

佐戸ヶ瀬橋	天狗山大橋	中津無礼橋	夏足大橋
			
平井川大橋	新緒方橋	奥嶽橋	出会橋
			
轟橋	茶屋ヶ鼻橋	川平橋	楠木橋
			

3D モデルの構築

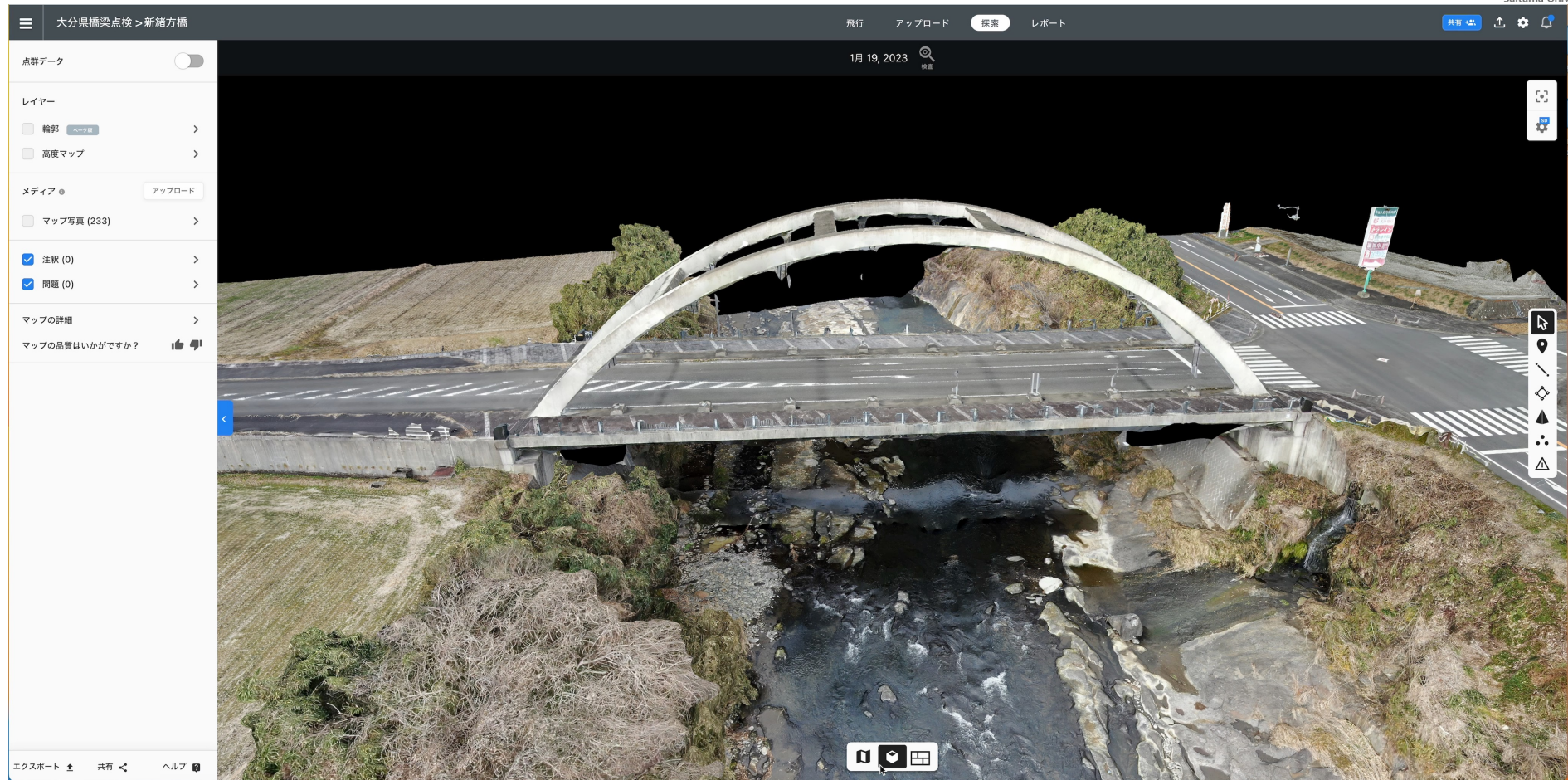
佐戸ヶ瀬橋



天狗山大橋



新緒方橋



データの採取その二
仙波大橋

橋梁点検の見学





3D モデルの構築





データ採集その三

ケニアにおける橋梁撮影



Second Time: 2023.3/15~21



**Location: Kenya, Nairobi,
Mwingi**



Bridges:

**Day 01(03.16):
Kithyoko**

**Day02(03.17): Kaviaini,
Kavenge, Nguutani**



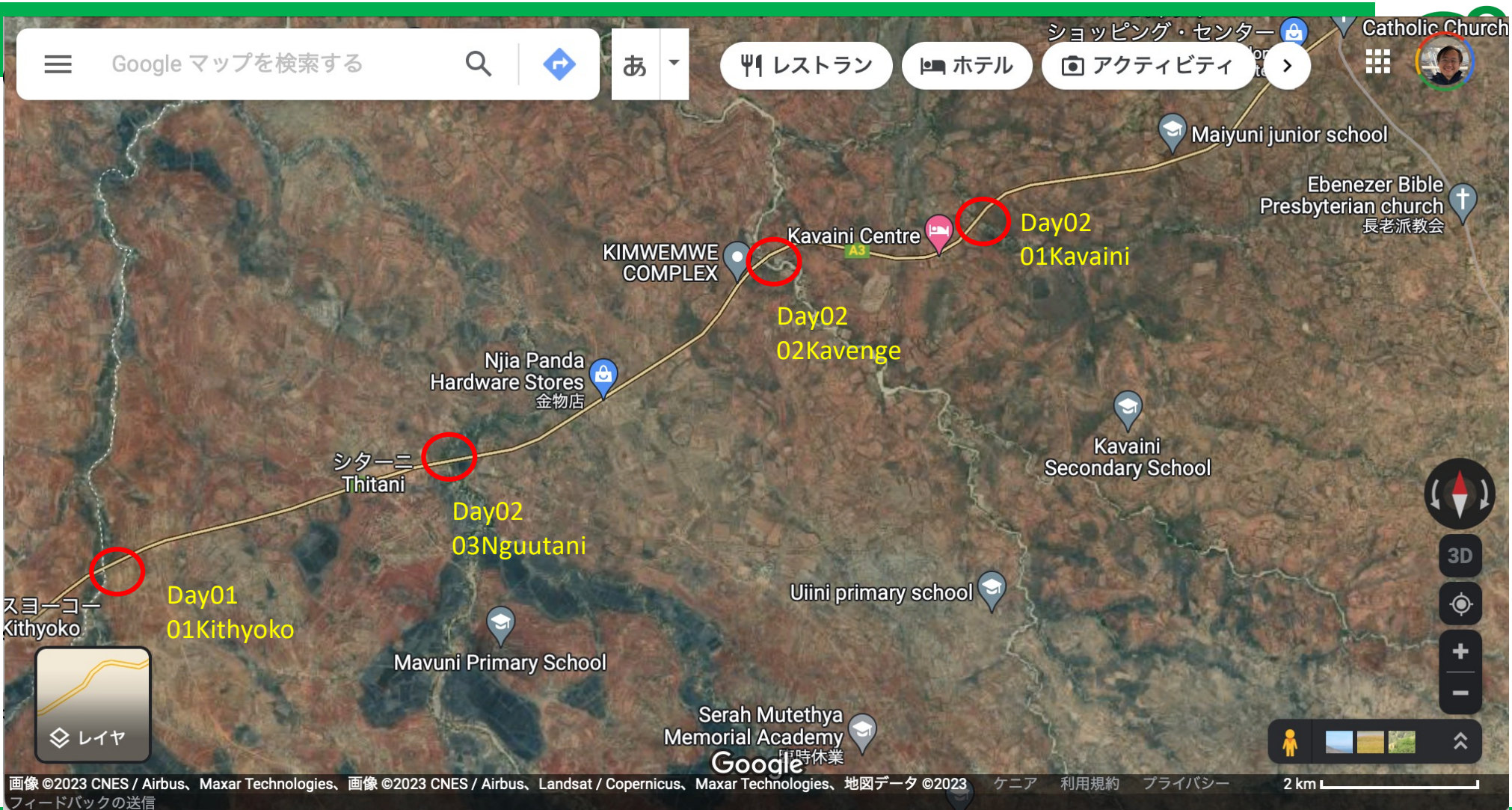
Members:

Dr. Matsunaga, Dr. Dang

Fujishima, Liu

JICA: Dr. Hayashi, Eng. Nakashima

JICA: John, Nyaga, Vectoria, ...



Google マップを検索する



あ

レストラン

ホテル

アクティビティ

ショッピング・センター

Catholic Church

Maiyuni junior school

Ebenezer Bible Presbyterian church
長老派教会

KIMWEMWE COMPLEX

Kavaini Centre

Day02
01Kavaini

Day02
02Kavenge

Njia Panda Hardware Stores
金物店

シターニ
Thitani

Day02
03Nguutani

Kavaini Secondary School

Uini primary school

スヨコー
Kithyoko

Day01
01Kithyoko

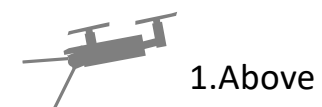
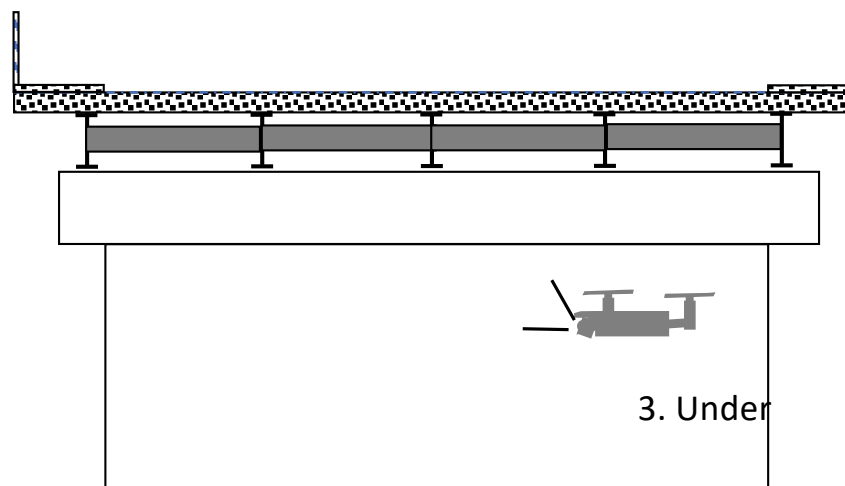
Mavuni Primary School

Serah Mutethya Memorial Academy
臨時休業

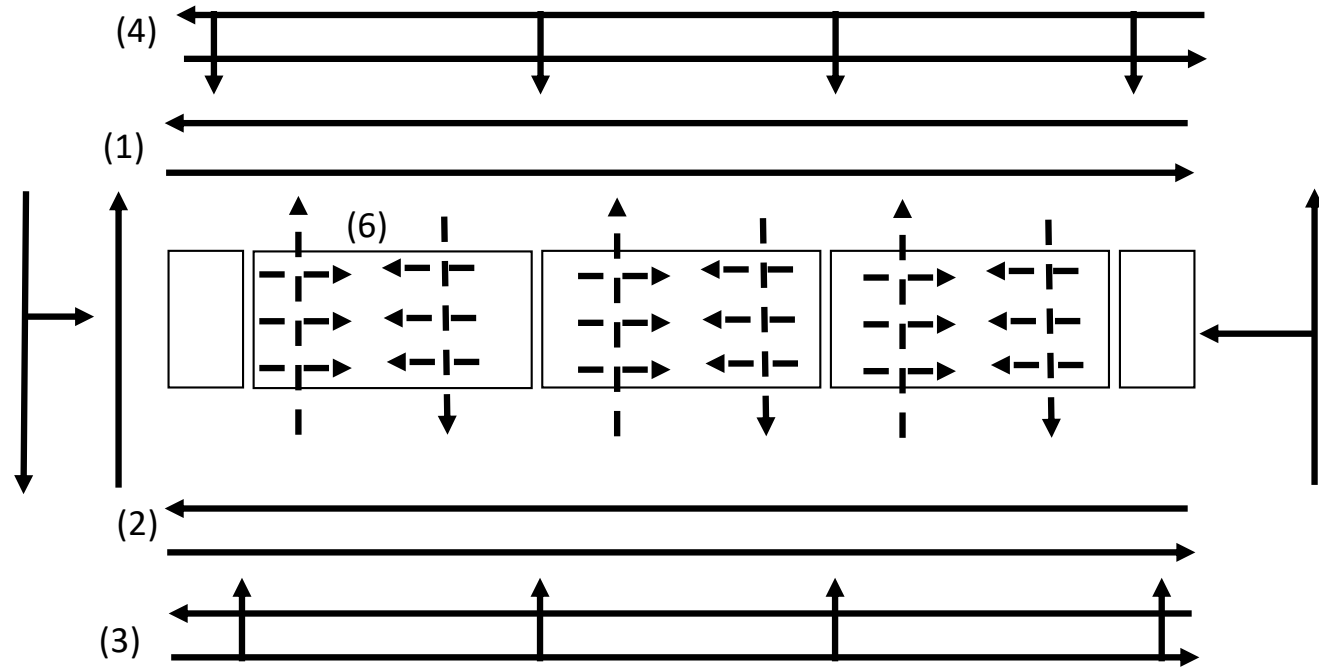
Google

レイヤ

Flight Path Plan



3. Under



Case Study: Kithyoko Bridge

- Length:72.6 m
- Spans: 6
- Super-structure: Steel Girder
- Bearing: Elastomeric(Rubber pad)
- Width:8.5 m
- Damage: Deck
- Reason: Capacity over
- Repair: Fiber Sheet Reinforcement



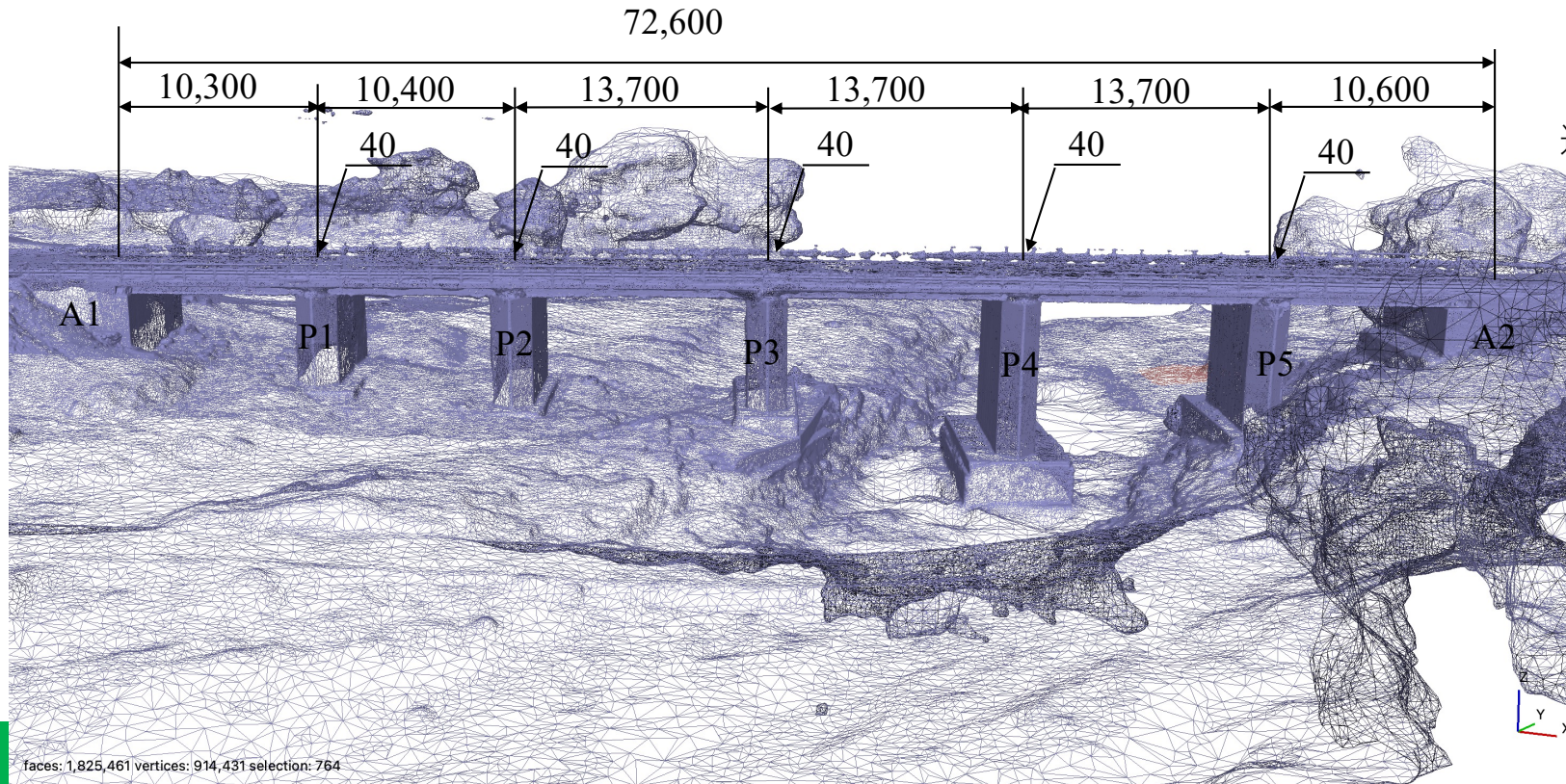
Bird's eye view 1



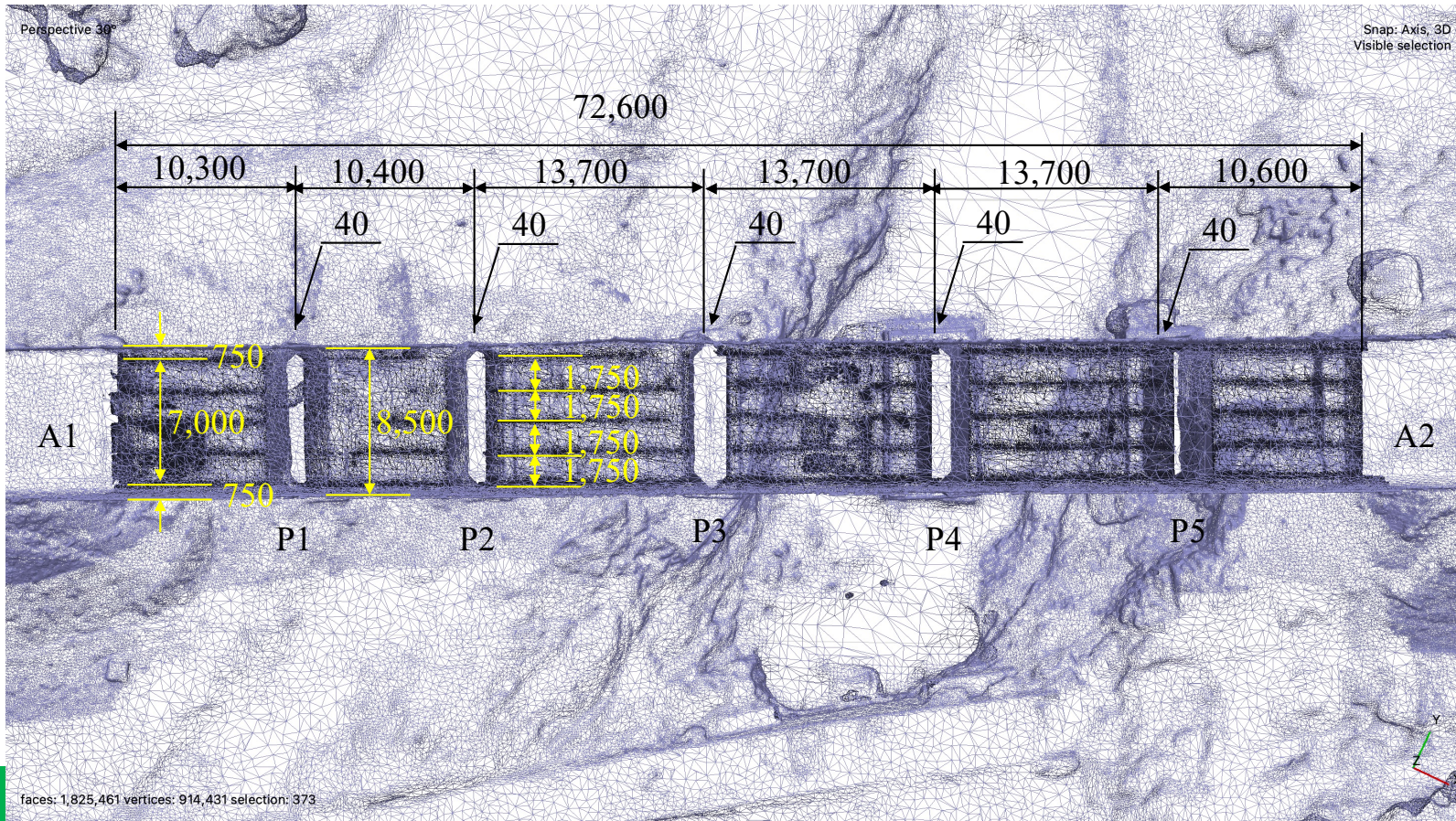
faces: 1,825,461 vertices: 914,431

Perspective 30°

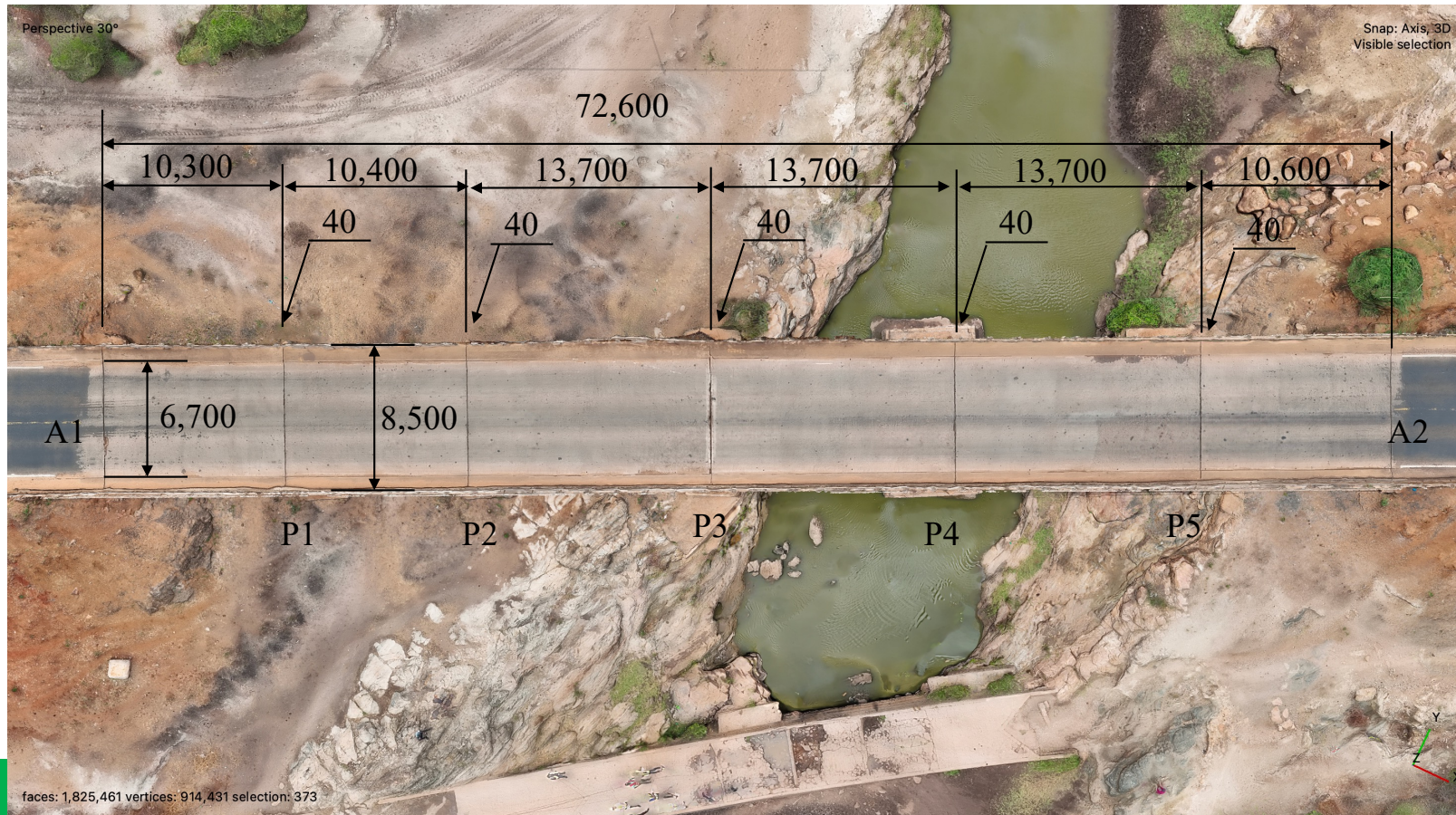
Snap: Axis, 3D



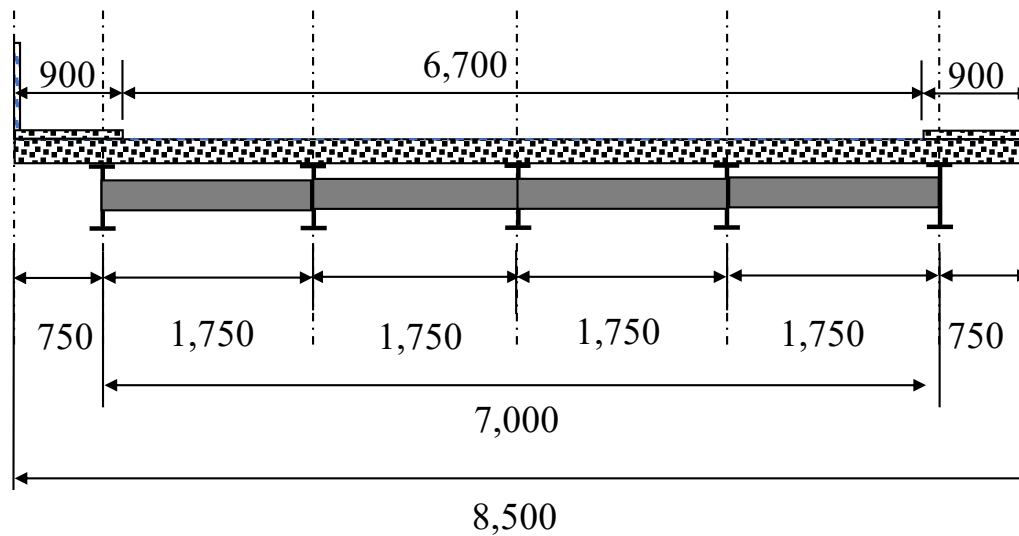
Plan View



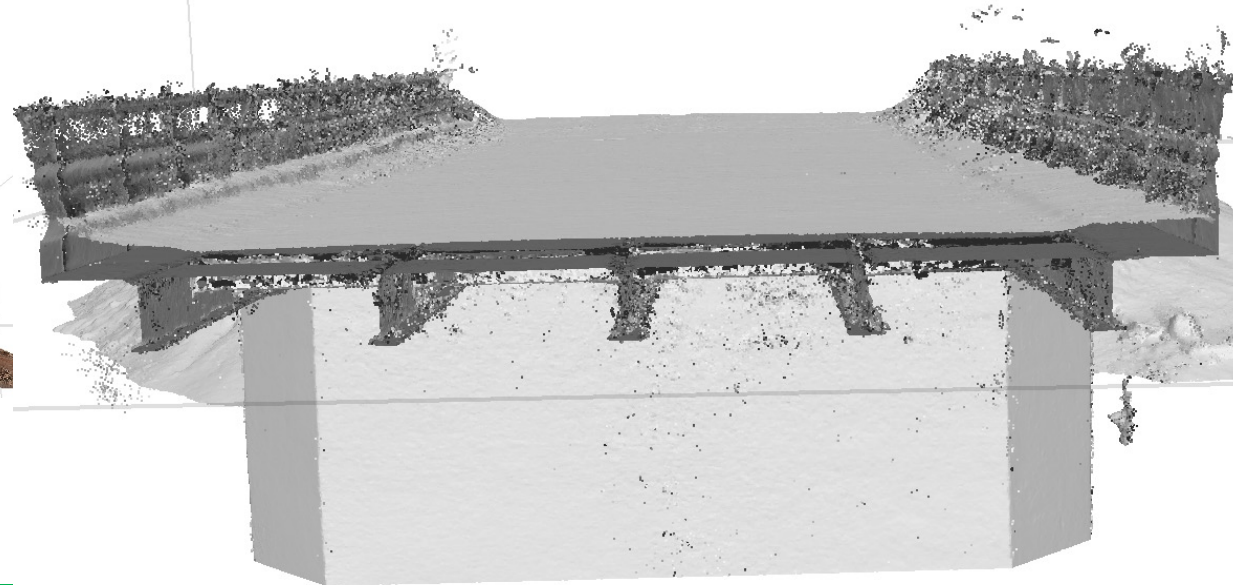
Plan View



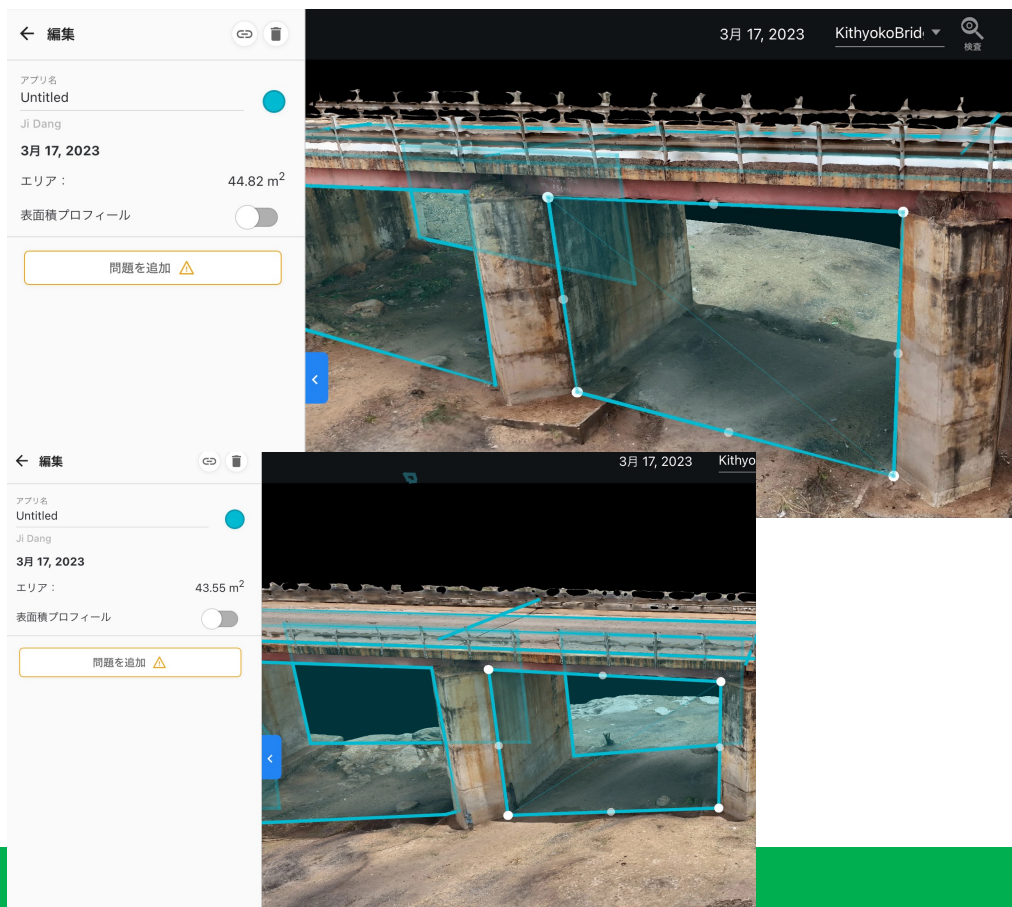
Cross Section view



Structure View (3D)



Scaffold Empty space volume P1-P2



	P1-P2
面積1	44.82
面積2	43.55
平均	44.2
幅	9.4
空m3	415.3

Fiber Sheet Repair Area

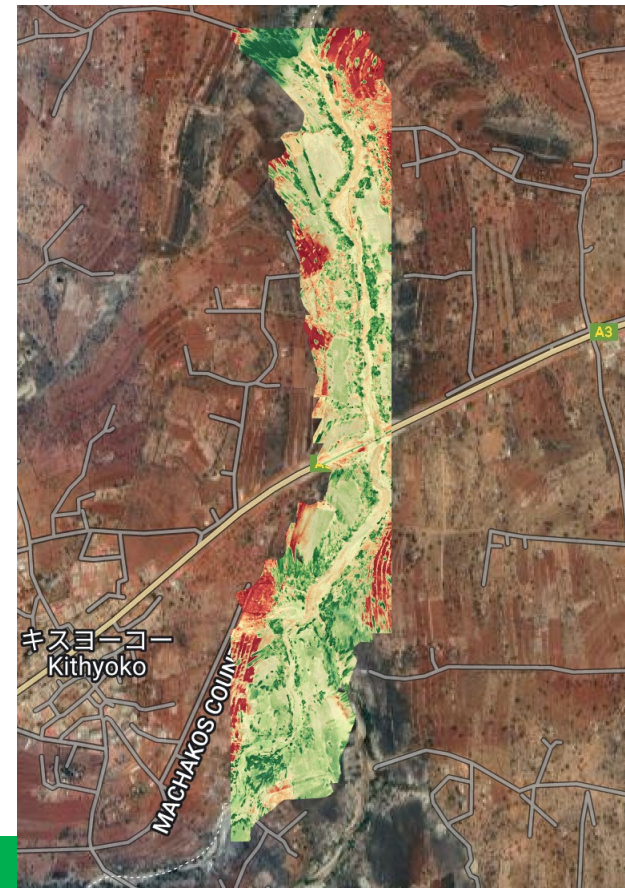
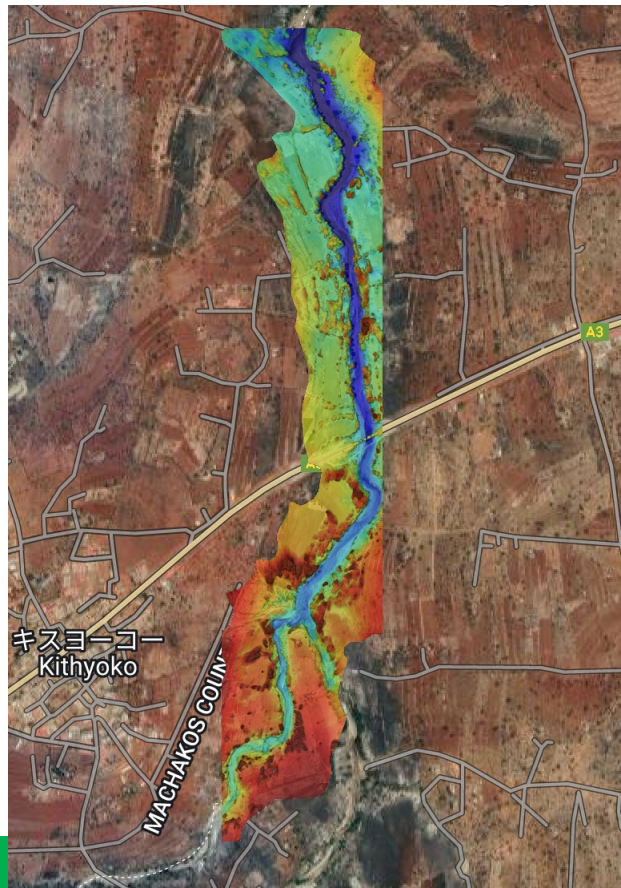


	A1-P1	P1-P2	P2-P3	P3-P4	P4-P5	P5-A1
桁長 (m)	10.3	10.4	13.7	13.7	13.7	10.6
幅員 (m)	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4
面積 (m ²)	86.52	87.36	115.08	115.08	115.08	89.04
合計面積 (m ²)	608.16					

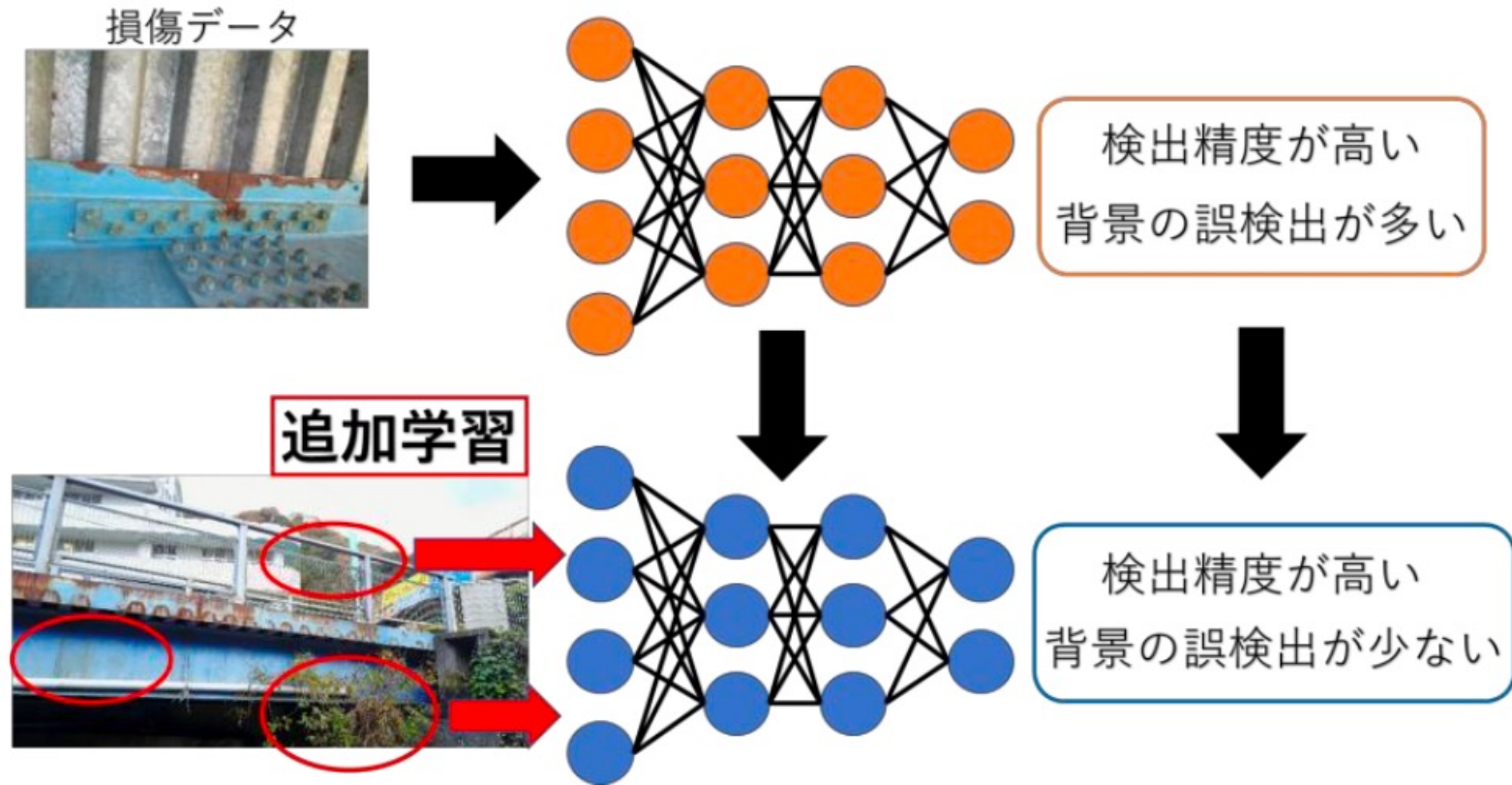
Day2: 01_Kavaini Bridge



Depth Map of rivers: Kithyoko



課題目標 2 : 現場写真を用いた増強AI



データセット (点検調書)

損傷	教師画像	検証画像
腐食	700	100
ひび割れ	800	100
剥離	800	100
遊離石灰	800	100
漏水	700	100
合計	3800	500

ラベル数	6
バッチサイズ	6
Epoch数	150
学習率	0.01



対象橋梁

ケニアで撮影した橋梁



Deeplabv3+

損傷検出結果 (Kenya Bridge)



漏水と腐食の誤検出が確認できる

現地写真強化

○課題……誤検出が存在



- 学習に使用する橋梁点検調書
 - ・損傷を拡大した画像
 - ・背景の割合が小さい
- 橋梁には多様な種類が存在
 - ・汎用性を得ることが難しい

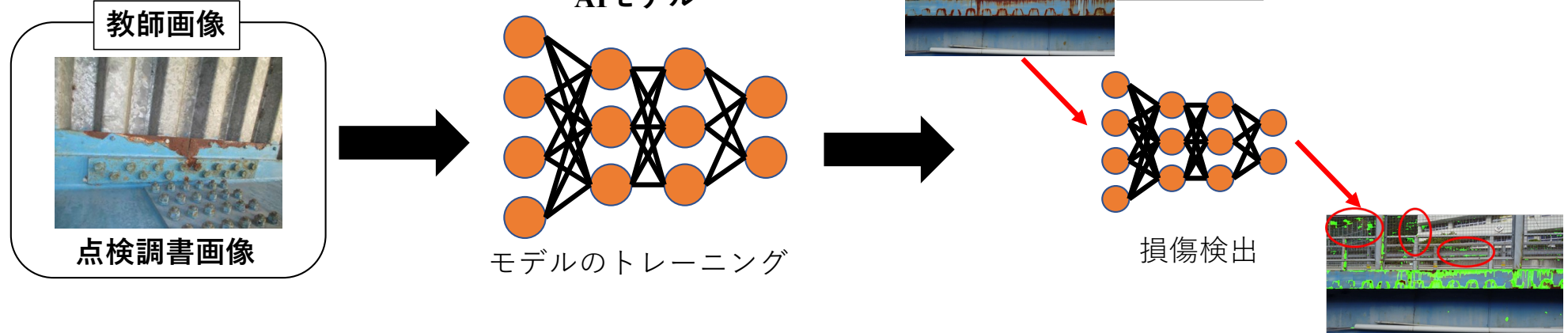
検出を実施する橋梁自体やその周辺情報に対応した学習が必要

現地写真強化

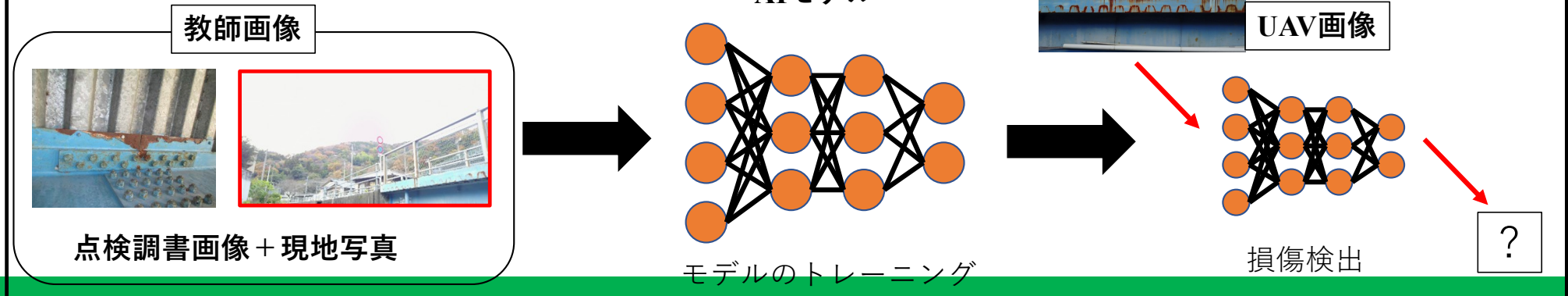
……検出を行う橋梁についての追加学習を実施する

従来の手法との比較

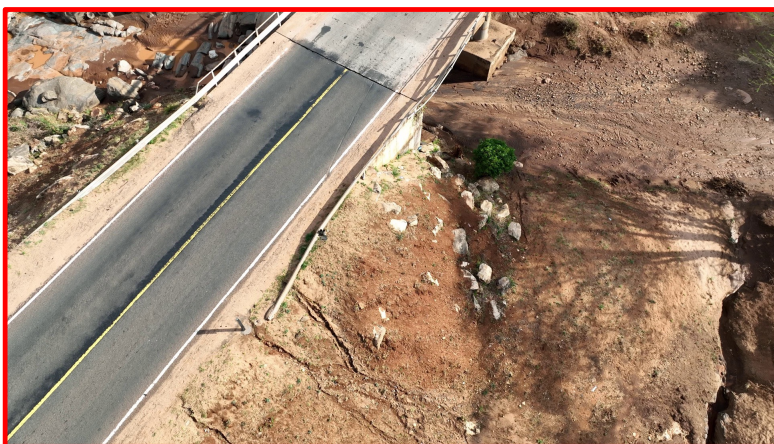
・従来の手法



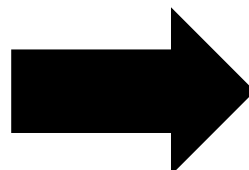
・改善手法（現地写真強化）



追加画像の例



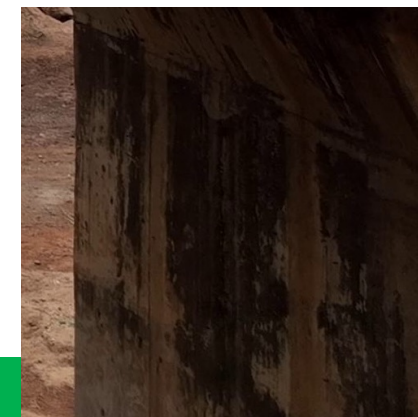
28枚 × 3



合計84枚



513 × 513pixel



現地写真強化手法



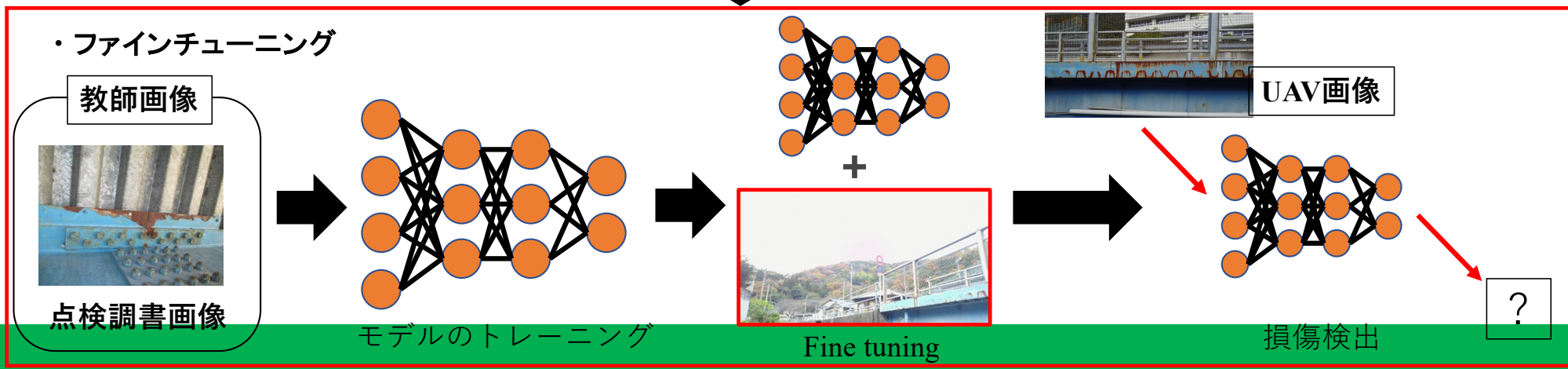
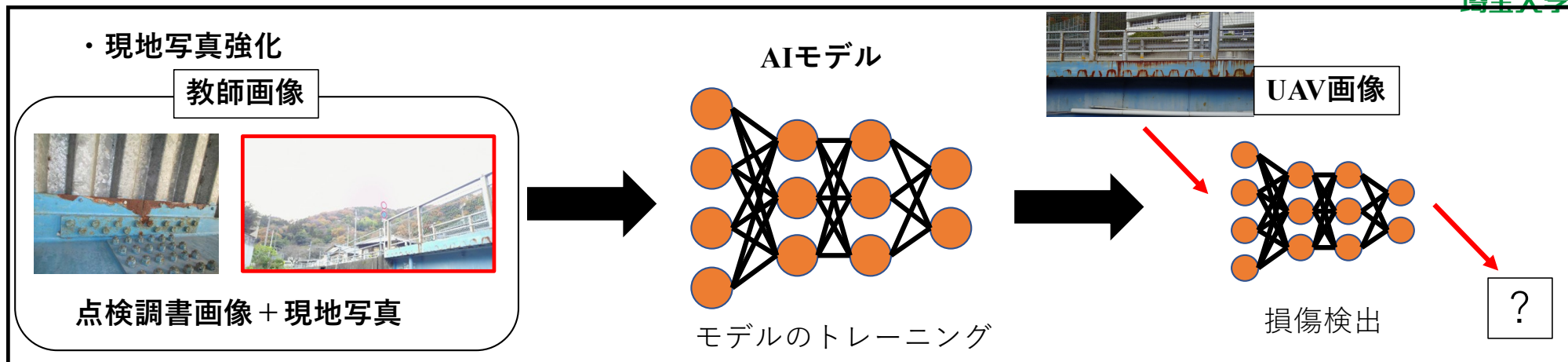
- ・ 上空からの画像は周辺環境の学習に作用
- ・ 近接画像は橋梁の塗装や損傷の学習に作用



背景の誤検出が減少した

⇒ 通常的手法と同等かそれ以上の訓練時間を要する

ファインチューニング



Fine-tuning (50Epoch)



訓練時間…約5分
現地写真強化手法と同等の結果が得られた

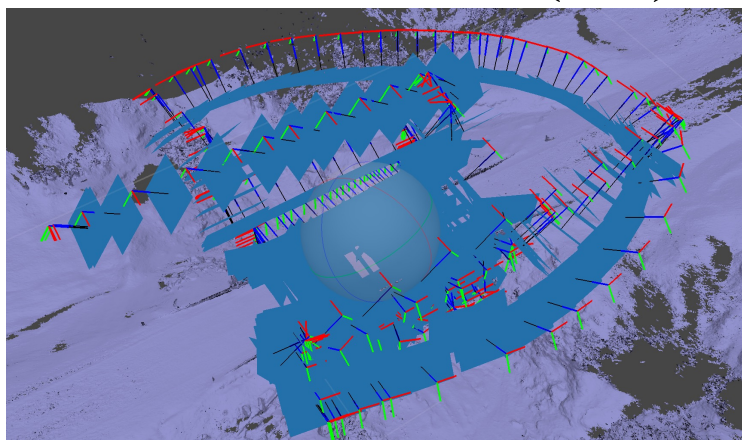
Fine-tuning (20Epoch)



訓練時間…約3分

3D 損傷モデル

Structure from Motion (SfM)



Metashape

○セマンティックセグメンテーション
・ 損傷形状, 範囲の把握

3Dモデル + 損傷図

+ セマンティックセグメンテーション



3D損傷モデル

⇒被害分布をより効率的にわかりやすく表現が可能

3D 損傷モデル

調書画像のみ



ft_50Epoch



現地写真強化



ft_20Epoch



3D 損傷モデル

調書画像のみ



ft_50Epoch



現地写真強化



ft_20Epoch



3D損傷モデル

調書画像のみ



ft_50Epoch



現地写真強化

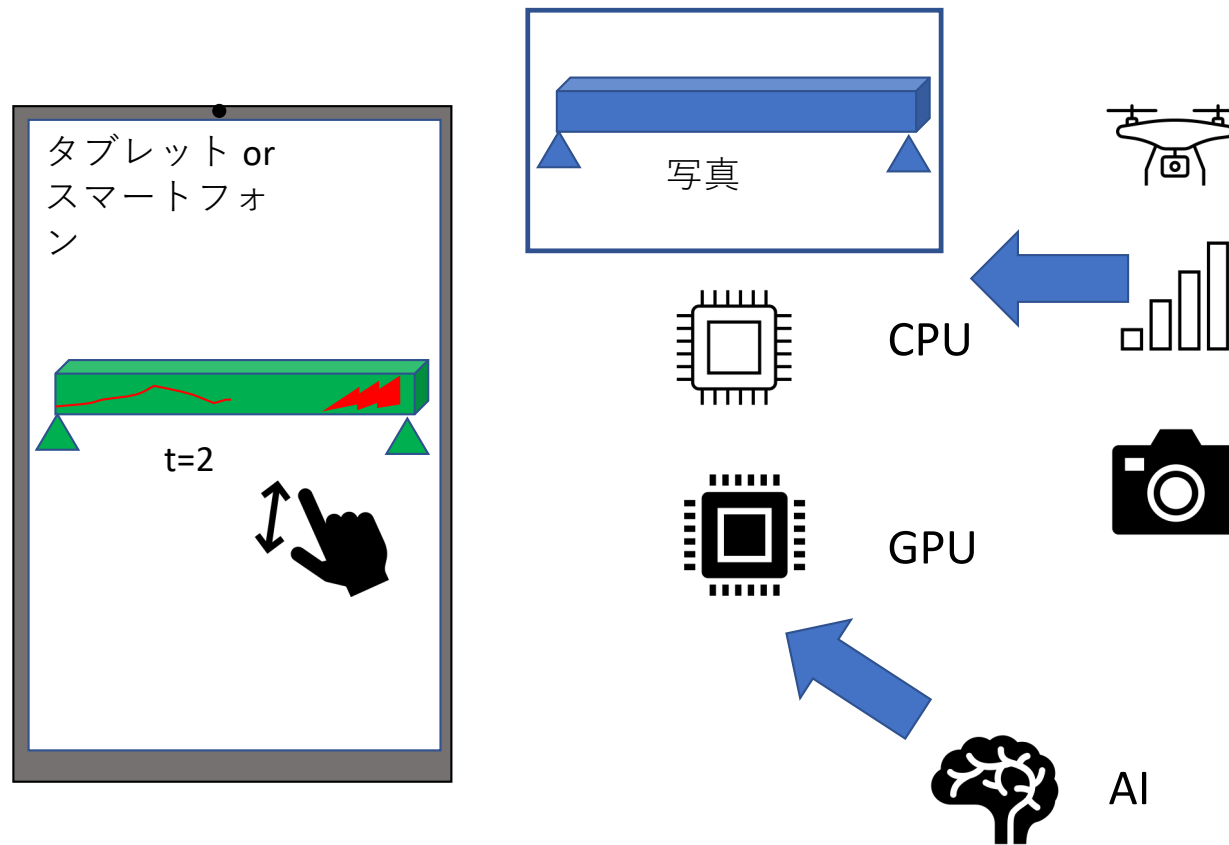


ft_20Epoch



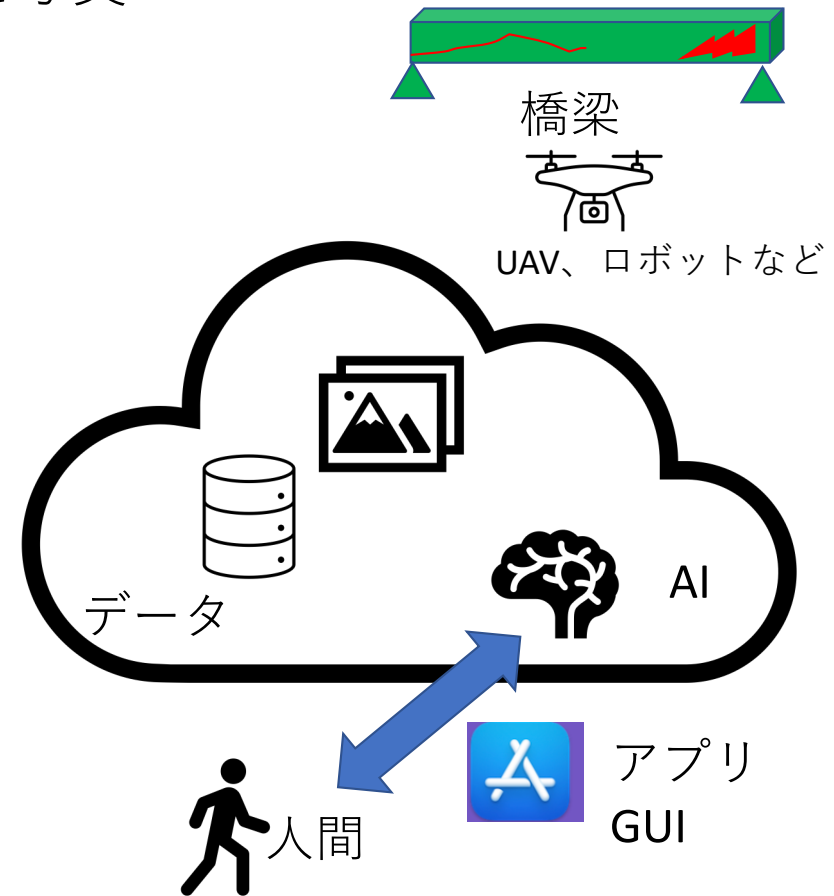
損傷検出アプリの開発

課題目標 3 : 損傷検出AIアプリ



課題目標 4 : 人間と協働型AIアプリ

- 作業者が承認された写真や修正された写真
- クラウドにアップロード
- 定期的にAIをクラウド上に訓練
- アプリに情報更新
- 損傷検出の精度IoUを95%に上がる





Xcode File Edit View Find Navigate Editor Product Debug Source Control Window Help

Bridge Maintenance System iPhone 14 Finished running Bridge Maintenance System on iPhone 14

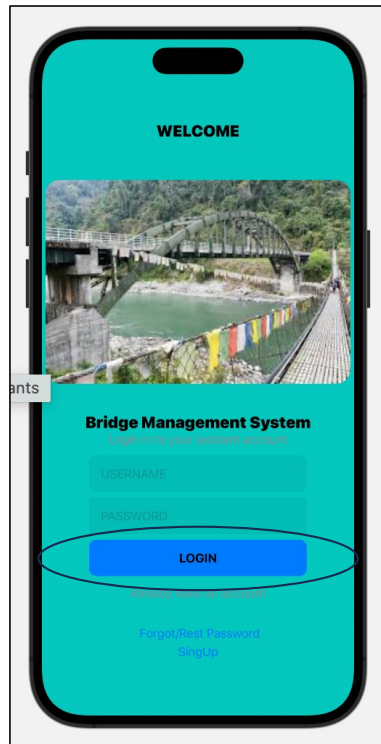
ContentView Bridge_Maintenance_SystemApp Assets

Bridge Maintenance System > Bridge Maintenance System > Bridge_Maintenance_SystemApp > Bridge_Maintenance_SystemApp

```
1 //
2 // Bridge_Maintenance_SystemApp.swift
3 // Bridge Maintenance System
4 //
5 // Created by Karma Cheki on 2023/02/27.
6 //
7
8 import SwiftUI
9
10 @main
11 struct Bridge_Maintenance_SystemApp: App {
12     var body: some Scene {
13         WindowGroup {
14             ContentView()
15         }
16     }
17 }
18
```

A preview of the mobile application running on an iPhone 14. The screen displays a teal background with a photograph of a bridge over a river and the text "Bridge Maintenance System" below it.

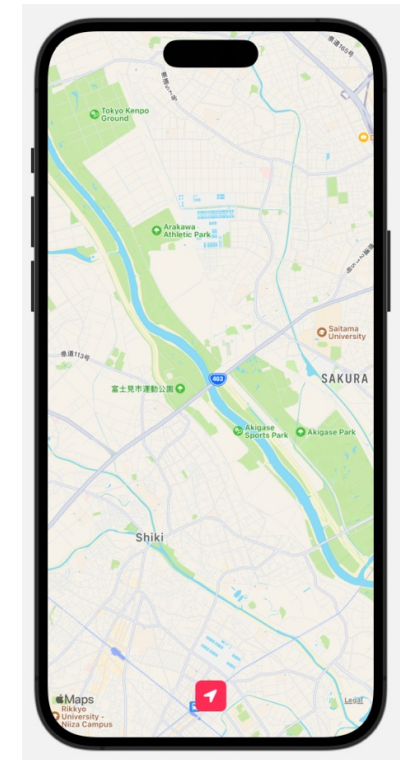
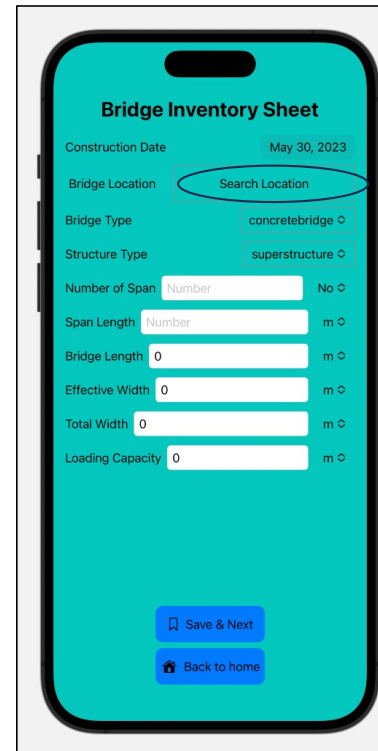
Research Update



Login Page



Home Page



Research Update

Bridge Type concretebridge ↕

Structure Type bailey

Number of Span ✓ concretebridge

Span Length Nu steeltrussbridge

Bridge Length 0 prestressedconcrete-bridge

Effective Width 0 m ↕

Bridge Inventory Sheet

Construction Date May 30, 2023

Bridge Location Search Location

Bridge Type concretebridge ↕

Structure Type superstructure ↕

Number of Span Number No ↕

Span Length Number m ↕

Bridge Length 0 m ↕

Effective Width 0 m ↕

Total Width 0 m ↕

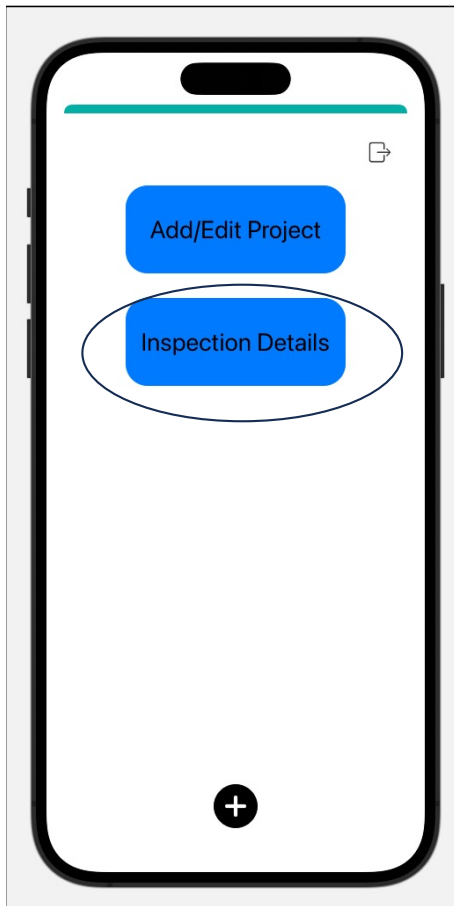
Loading Capacity 0 m ↕

Save & Next

Back to home

Unit can be change
from drop down

Research Update



The 'Bridge Inspection Form' screen has a teal background. It includes the following fields and controls:

- Inspection Date:** Jun 22, 2023
- Inspected by:** FIRST NAME and LAST NAME input fields.
- Inspector Email:** Email# input field.
- Inspection Type:** routine (dropdown)
- Bridge Component:** beams (dropdown)
- Inspection Frequency:** number input field.
- Overall Condition of Bridge:** Low, Medium, High (radio buttons)
- Has Issues:** toggle switch (off)
- Observation Note:** text input field.

This screen continues the form with the following elements:

- Inspector Email:** Email# input field.
- Inspection Type:** routine (dropdown)
- Bridge Component:** beams (dropdown)
- Inspection Frequency:** number input field.
- Overall Condition of Bridge:** Low, Medium, High (radio buttons)
- Has Issues:** toggle switch (on)
- Observation Note:** text input field.
- Condition to be checked at site:** Click me (link, circled in blue)
- Take Damage Photo:** camera icon
- Save & Next:** blue button
- Back to home:** blue button with home icon

The table lists inspection conditions for Deck Slab members. A 'Save' button is at the bottom left.

Following Condition to be checked at Site During Field Inspection		Yes	No
Deck Slab	Observation of crack on the members	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Deck Slab	Peeling of concrete/Rebar exposure	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Deck Slab	Reinforcement exposure	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Deck Slab	Observation of water leakage/ Free lime on the members	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Deck Slab	Partial loss of concrete	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Deck Slab	Honeycomb at concrete members	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Deck Slab	Corrosion at steel members	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Deck Slab	Looseness/ omission of steel members	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Research Update

Inspector Email:
Email#

Inspection Type: routine

Bridge Component: beams

Inspection Frequency: number

Overall Condition of Bridge:
Low Medium High

Has Issues

Observation Note:
Observation Note

Condition to be checked at site: Click me

Take Damage Photo

Save & Next

Back to home

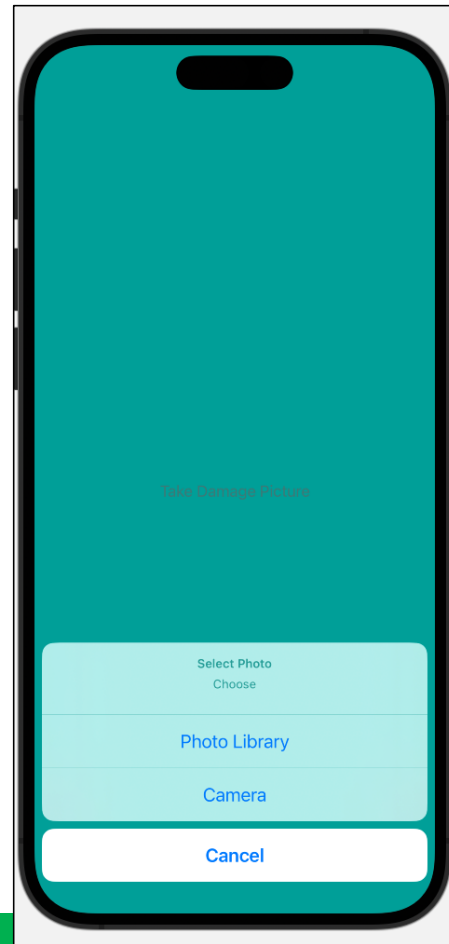
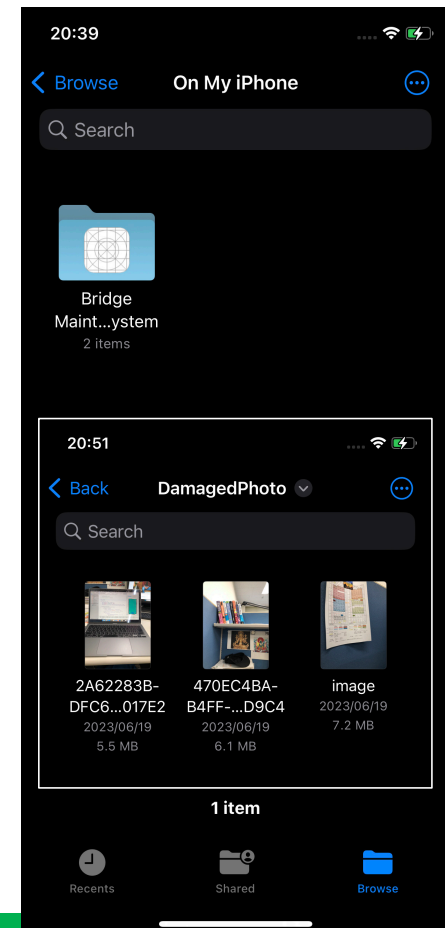


Image is save to
our device



ご清聴ありがとうございました。