



# 超高解像度カメラとAIを用いたコンクリート構造物の戦略的次世代型点検システムの開発と維持管理計画の策定支援

金沢大学 融合研究域 融合科学系  
准教授 藤生 慎

# 研究の背景

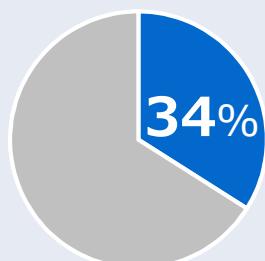
- 老朽化が進む橋梁の維持管理のため、近接目視点検が義務化されている。

## 橋梁の老朽化

全国には約73万橋の橋梁が存在

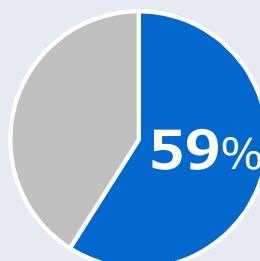
建設後50年を経過する橋梁の割合

2022年



10年後  
→

2032年



## 近接目視点検

頻度：5年に1度

対象：損傷26項目

フロー：計画・準備→点検→診断→記録

点検作業：技術者3名

※点検現場の実態

## 近接目視点検の課題



橋梁技術者の不足



財源の不足



点検技術の質のばらつき



AIやロボットなどの最新技術を活用した点検の導入が進められている

# 既往研究の整理

## 既往研究の内容

### 損傷検出

#### 画像分析による損傷の自動検出技術

- ・損傷検出の精度向上
- ・橋梁の接写画像に対する検出

### 撮影

#### 橋梁点検の画像の撮影に関する研究

- ・高精細カメラやドローンを使用した撮影

### 確認

#### VR空間における橋梁の点検

### 遠隔支援

#### 医療・建設業界における遠隔支援

- ・専門医・熟練技術者的人材不足を解消

## 課題

部材の**全体画像**に対する  
**損傷検出**の検証は少ない

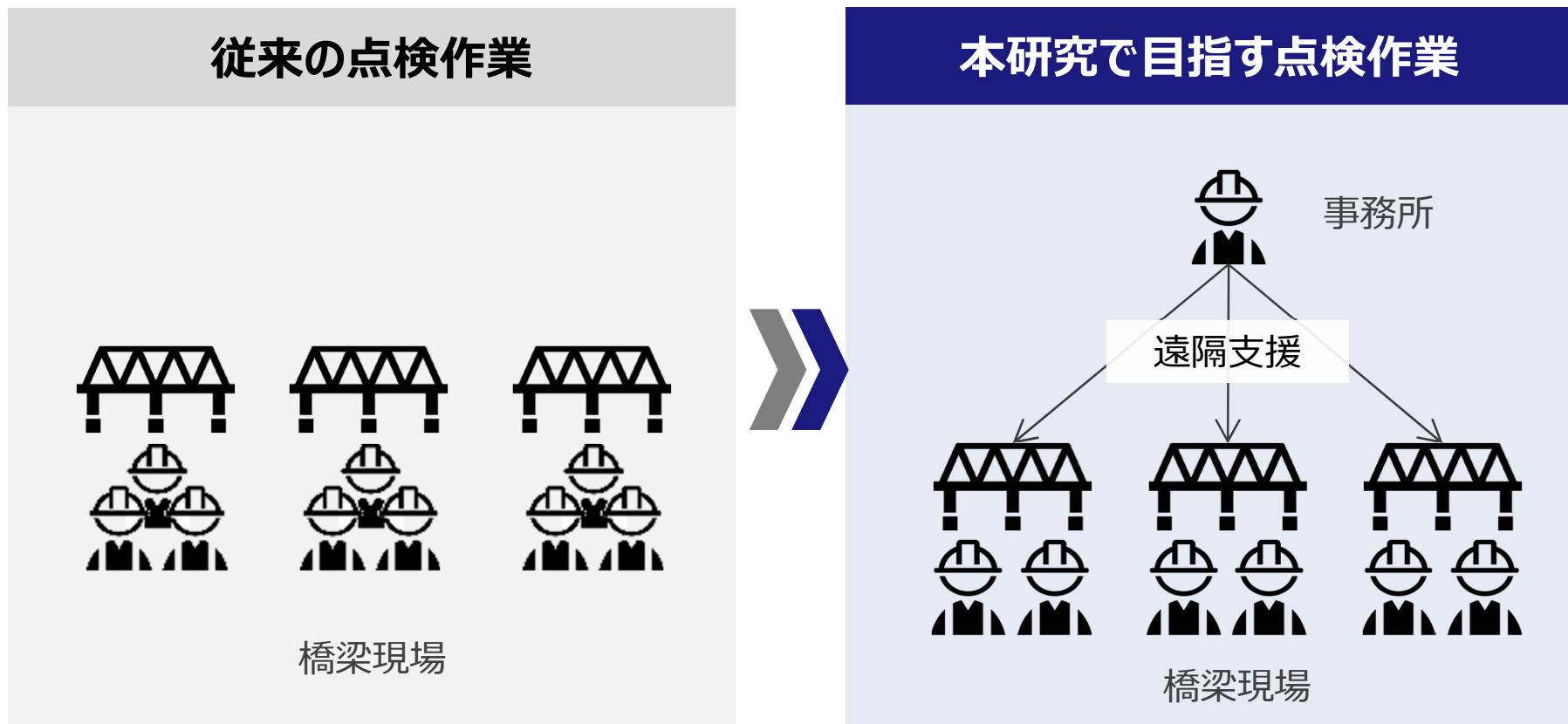
橋梁画像の  
**データ量が膨大**になる

橋梁の維持管理では  
**導入されていない**

# 本研究の目的

- 橋梁技術者的人材不足という課題に対し、点検作業における省人化を目指す。
- 遠隔支援で橋梁現場への移動時間の削減や複数の橋梁点検の支援を行う。

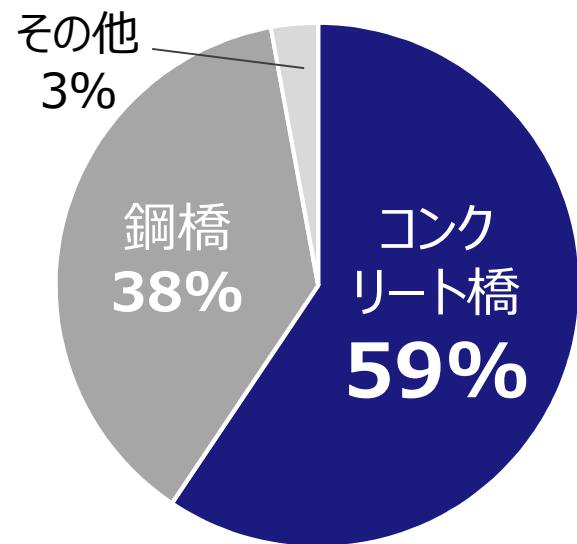
## 【本研究の目指す橋梁点検の省力化】



# 研究の位置づけ

- コンクリート橋における橋梁現場の点検作業を研究対象とする。

橋梁種別の割合



※橋長15m以上の17.5万橋。

点検フローと研究対象範囲

①計画・準備

・点検計画の作成

②点検

・目視点検  
・損傷程度の評価  
・外観の記録

本研究の  
対象範囲

③診断

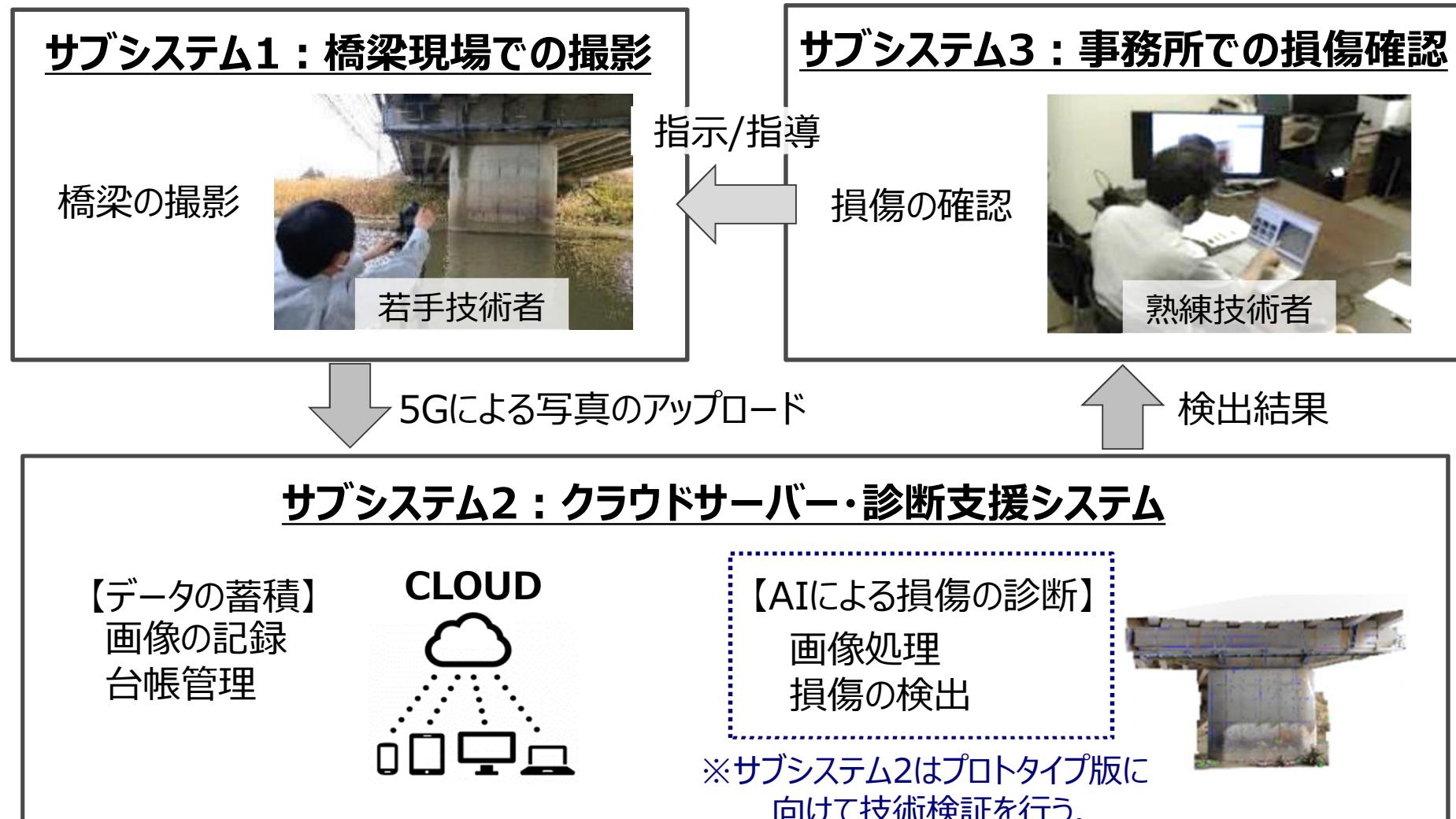
・対策区分の判定  
・健全性の診断

④結果の記録

・定期点検結果の記録

# 本研究が目指す遠隔点検支援システムのコンセプト

- 橋梁のリアルタイム遠隔点検支援システムは3つのサブシステムからなる。



# 本研究の検証内容

- 遠隔点検支援システムの概念設計に向けて、各サブシステムごとの検証を行う。

## サブシステム1：橋梁現場での撮影

- ・ 橋梁の撮影
- ・ 5Gを活用した  
画像のアップロード

指示/指導

## サブシステム3：事務所での損傷確認

- ・ 遠隔地における  
損傷程度の診断
- ・ 現場と遠隔地の連携

↓ 5Gによる写真のアップロード

↑ 検出結果

## サブシステム2：クラウドサーバー・診断支援システム

- ・ 複数損傷の自動検出
- ・ 損傷検出の視認性の高度化

※システムはプロトタイプ版に向けた、  
「AIによる損傷の診断」の  
技術検証を行う。

# 検出対象とする損傷の選定

- 本研究では、発生頻度が高い損傷を検出対象として選定。

## K県の497橋の調書から損傷の発生橋梁数を算出

材料	番号	損傷の種類	発生橋梁数	発生頻度
鋼	①	腐食	290	58.4%
	②	亀裂	5	1.0%
	③	ゆるみ・脱落	50	10.1%
	④	破断	11	2.2%
	⑤	防食機能の劣化	2	0.0%
コンクリート	⑥	ひびわれ	408	82.1%
	⑦	剥離・鉄筋露出	320	64.4%
	⑧	漏水	201	40.4%
	⑨	遊離石灰	301	60.6%
	⑩	抜け落ち	6	1.2%
	⑪	床版ひびわれ	—	—
	⑫	うき	57	11.5%
その他	⑬	遊間の異常	12	2.4%
	⑭	路面の凹凸	42	8.5%
	⑮	舗装の異常	113	22.7%
	⑯	支承部の機能障害	2	0.4%
	⑰	その他	12	2.4%
共通	⑯	補修・補強材の損傷	4	0.8%
	⑰	定着部の異常	0	0.0%
	⑱	変色・劣化	15	3.0%
	⑲	漏水・滯水	26	5.2%
	⑳	異常な音・振動	3	0.6%
	㉑	異常なたわみ	0	0.0%
	㉒	変形・欠損	186	37.4%
	㉓	土砂詰まり	197	39.6%
	㉔	沈下・移動・傾斜	16	3.2%
	㉕	洗堀	1	0.2%

※「⑪床版ひびわれ」は「⑥ひびわれ」としてカウント

- 橋梁の点検調書から、各損傷の発生頻度を算出。
- 十分な学習データを収集できるよう、**発生頻度の高い損傷を優先**。
- コンクリート材料において半数以上の橋梁で発生していた損傷を対象に選定。

## 対象損傷

ひび割れ・剥離・鉄筋露出・遊離石灰

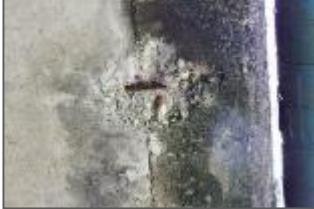
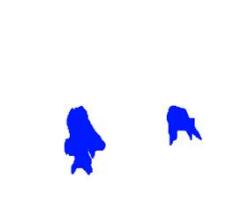
## 損傷検出モデルの構築

- オープンソースの画像分析モデルを利用し、4つの損傷検出モデルを構築.
- 学習データは点検調書の損傷画像をもとに、画像編集でデータを拡張.

	モデル	学習データ		最適化アルゴリズム	その他(パラメータなど)
		元画像	データ拡張		
ひび割れ	DeepCrack	661枚	120,000枚	adam	<ul style="list-style-type: none"><li>・画像サイズ：256</li><li>・学習率：0.0001</li><li>・バッチサイズ：48</li><li>・エポック：300</li></ul>
剥離	SegNet	627枚	12,540枚	adadelta	<ul style="list-style-type: none"><li>・画像サイズ：224</li><li>・学習率：1</li><li>・バッチサイズ：48</li><li>・エポック：300</li></ul>
鉄筋露出	SegNet	405枚	8,100枚	adadelta	<ul style="list-style-type: none"><li>・画像サイズ：224</li><li>・学習率：1</li><li>・バッチサイズ：48</li><li>・エポック：300</li></ul>
遊離石灰	DeepCrack	92枚	920枚	adam	<ul style="list-style-type: none"><li>・画像サイズ：256</li><li>・学習率：0.0001</li><li>・バッチサイズ：48</li><li>・エポック：300</li></ul>

# 検出モデルの構築

- ピクセル単位で損傷を検出し、おおむね損傷が検出できていることを確認。

	元画像	正解画像	検出結果
ひび割れ (DeepCrack)			
剥離 (SegNet)			
鉄筋露出 (SegNet)			
遊離石灰 (DeepCrack)			

# 検出モデルの評価

- 損傷の検出結果をAIの精度評価である再現率と適合率で評価を実施。

## 【各損傷の検出評価結果（ピクセル単位で検出）】

	再現率	適合率
ひび割れ	0.31	0.14
剥離	0.51	0.35
鉄筋露出	0.58	0.28
遊離石灰	0.53	0.36



### 【評価の低い画像】

- ・背景, 付属物, 汚れ, 角度のある画像

正対撮影の画像では、概ね損傷を検出

## 【モデルの評価方法】

＜混同行列＞

		予測	
		損傷あり	検出なし
実際	損傷あり	TP	FN
	損傷なし	FP	TN

＜評価指標＞

$$\text{再現率} = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$\text{適合率} = \frac{TP}{TP + FP}$$

## 【参考値：既往研究】

- 対象：ひび割れ, 剥離・鉄筋露出, 漏水・遊離石灰
- 検出：矩形検出
- 再現率：0.8～0.9程度
- 適合率：0.6～0.9程度

# 検出表示の細かさと検出モデルの学習データの作成稼働

- 学習データの作成稼働の削減に向け、技術者が許容する検出メッシュサイズを検討。

粗い ← 検出表示 → 細かい

矩形検出



メッシュ検出



セグメンテーション



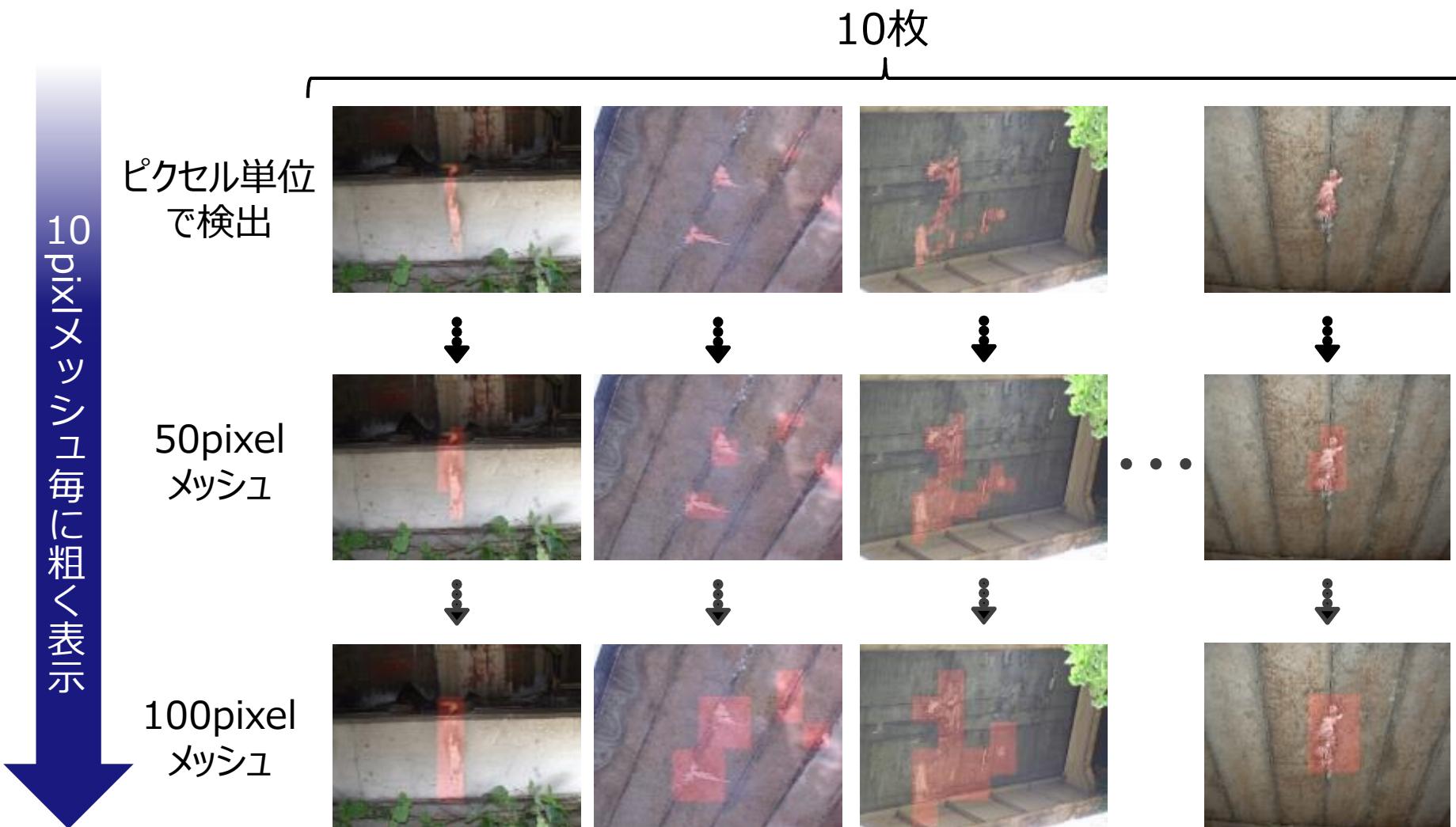
- ・損傷形状が**不明瞭**
- ・学習データの**作成稼働が少ない**

- ・損傷形状を**大まかに把握**
- ・学習データの作成稼働はセグメンテーションより**少ない**

- ・損傷形状が**鮮明**
- ・学習データの**作成稼働が大きい**

# 遊離石灰の検出結果のメッシュ表示

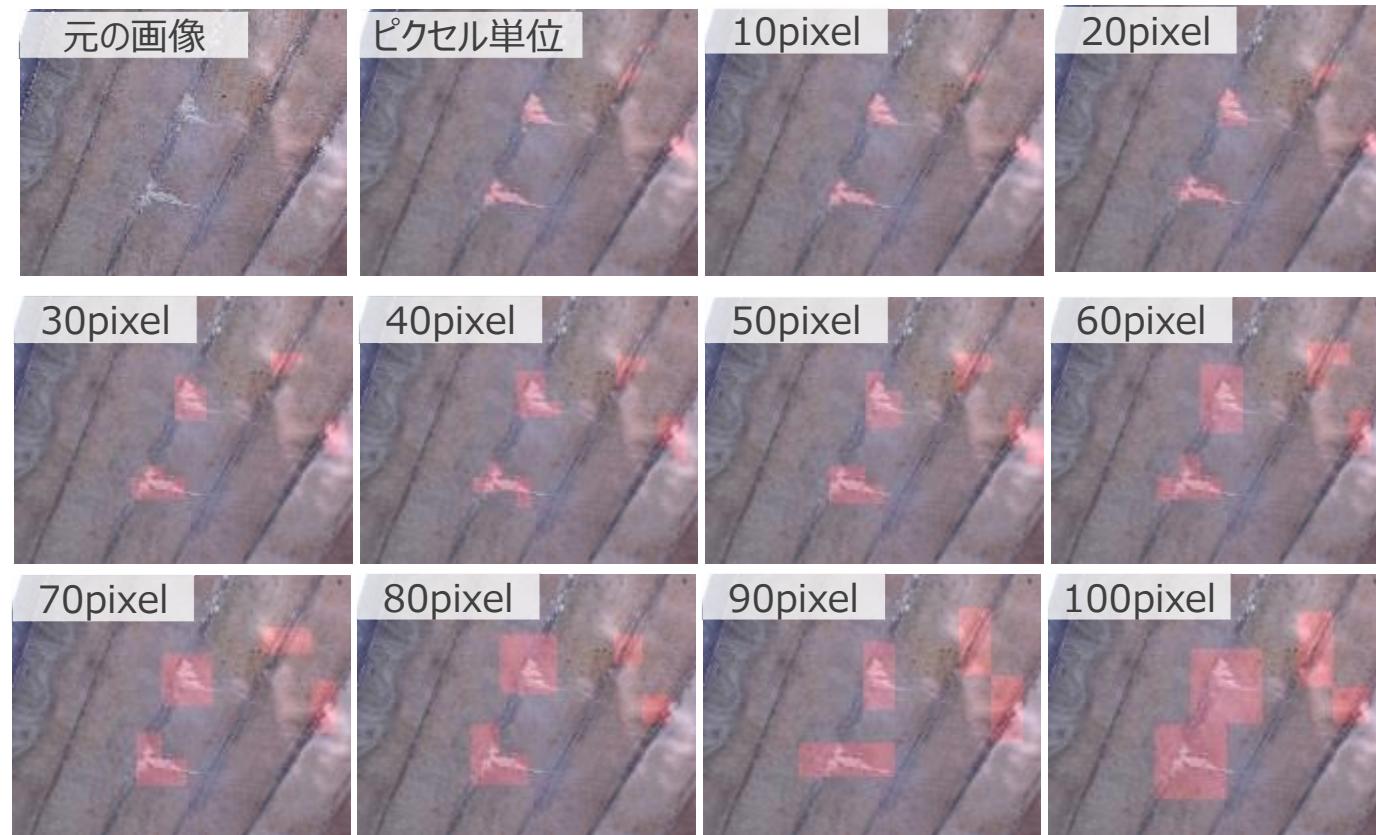
- 遊離石灰の検出結果をピクセル単位から10pixelメッシュ毎に検出表示をだし分け.



# 橋梁技術者への許容するメッシュサイズのアンケート調査

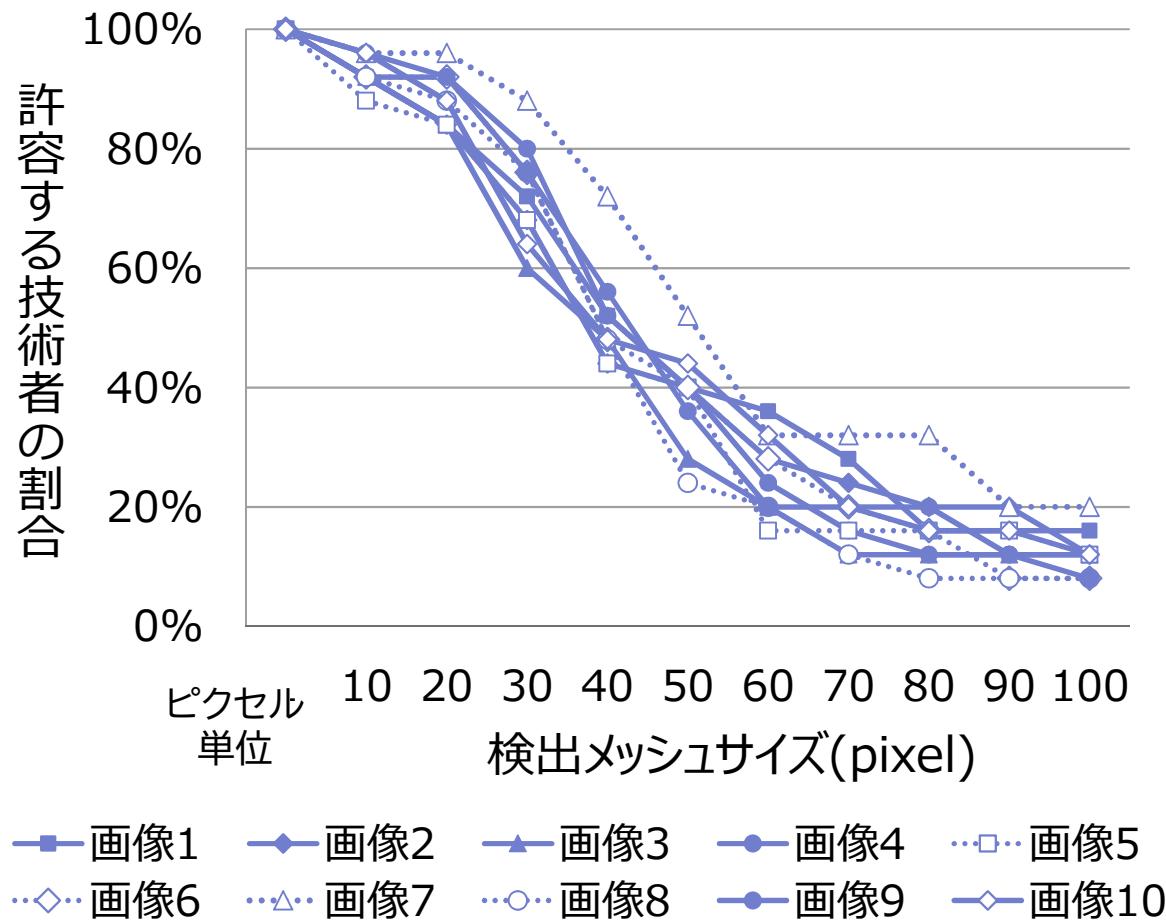
Q. 画像から損傷判定をする場合、どの程度の粗さまで許容できますか？

- 回答者 : 橋梁技術者 (25名)
- 質問数 : 10問



# 点検技術者アンケートの結果

- 各検出メッシュサイズを許容する点検技術者の割合を算出



1

検出メッシュサイズが  
大きくなると  
許容する技術者の割合は  
減少する

2

20pixelメッシュで  
約8割の技術者が  
許容する表示サイズであった

ピクセル単位から20pixelメッシュを許容範囲とする。

## 橋梁技術者が評価のばらつき

- 同じ検出メッシュサイズでも、画像によって技術者の評価にばらつきがある。
- メッシュ内に含まれる遊離石灰の大きさの違いが評価のばらつきに影響している。

【画像6の50pixelメッシュ検出】



遊離石灰の領域が大きい

【画像8の50pixelメッシュ検出】



遊離石灰の領域が小さい

検出メッシュ内の遊離石灰領域の割合を算出する

## 検出メッシュ内の遊離石灰の割合

- メッシュ内の遊離石灰領域の割合を「遊離石灰占有率」として指標にする。

### 遊離石灰占有率の計算式



メッシュ内  
遊離石灰占有率

$$= \frac{\text{遊離石灰領域のピクセル数}}{\text{検出メッシュ内の総ピクセル数}}$$

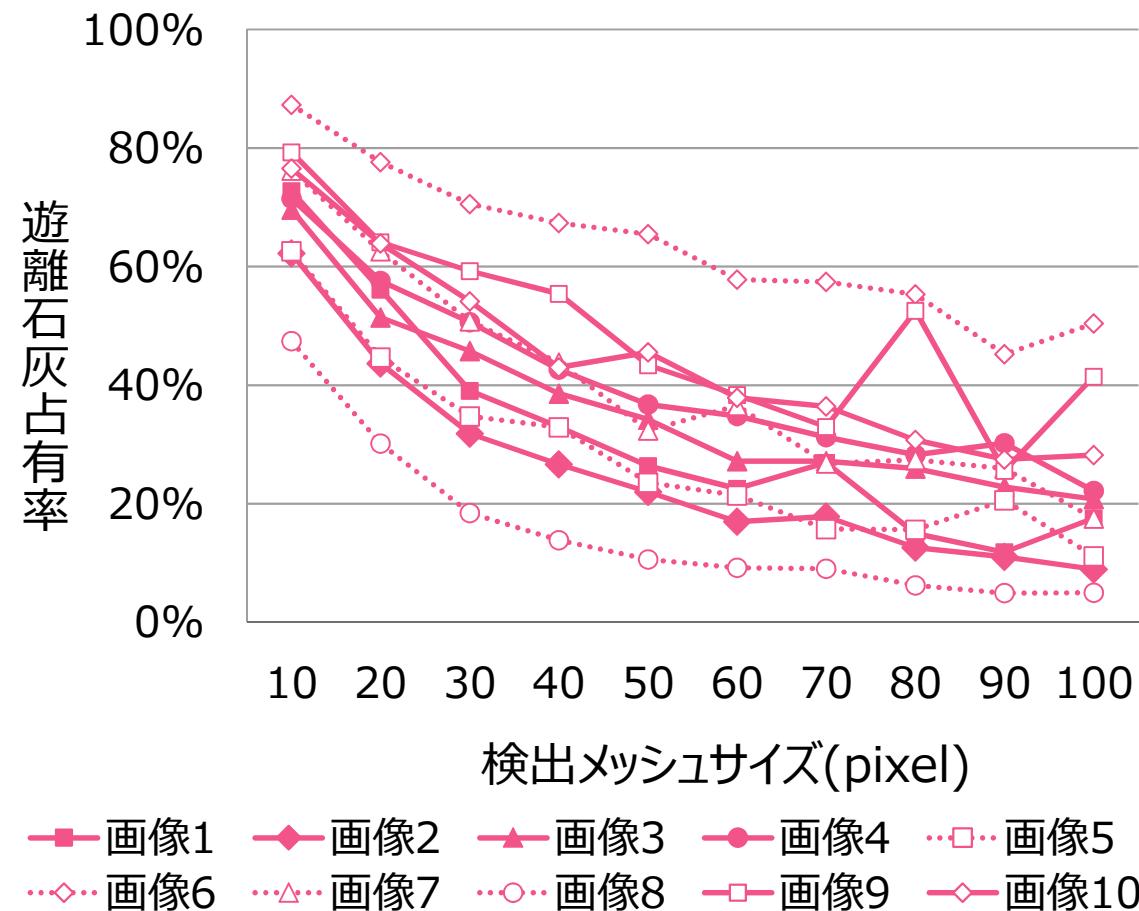


遊離石灰占有率は、**適合率に相当**する。  
技術者が許容する遊離石灰占有率が  
検出モデル構築時の**適合率の目標値の目安**となる。

技術者が許容できるサイズの「遊離石灰占有率」を明らかにする

# 検出メッシュサイズごとの遊離石灰占有率

- アンケートの画像の検出メッシュサイズごとの遊離石灰占有率の割合を算出



1

検出メッシュサイズが  
大きくなると  
遊離石灰占有率は  
減少する

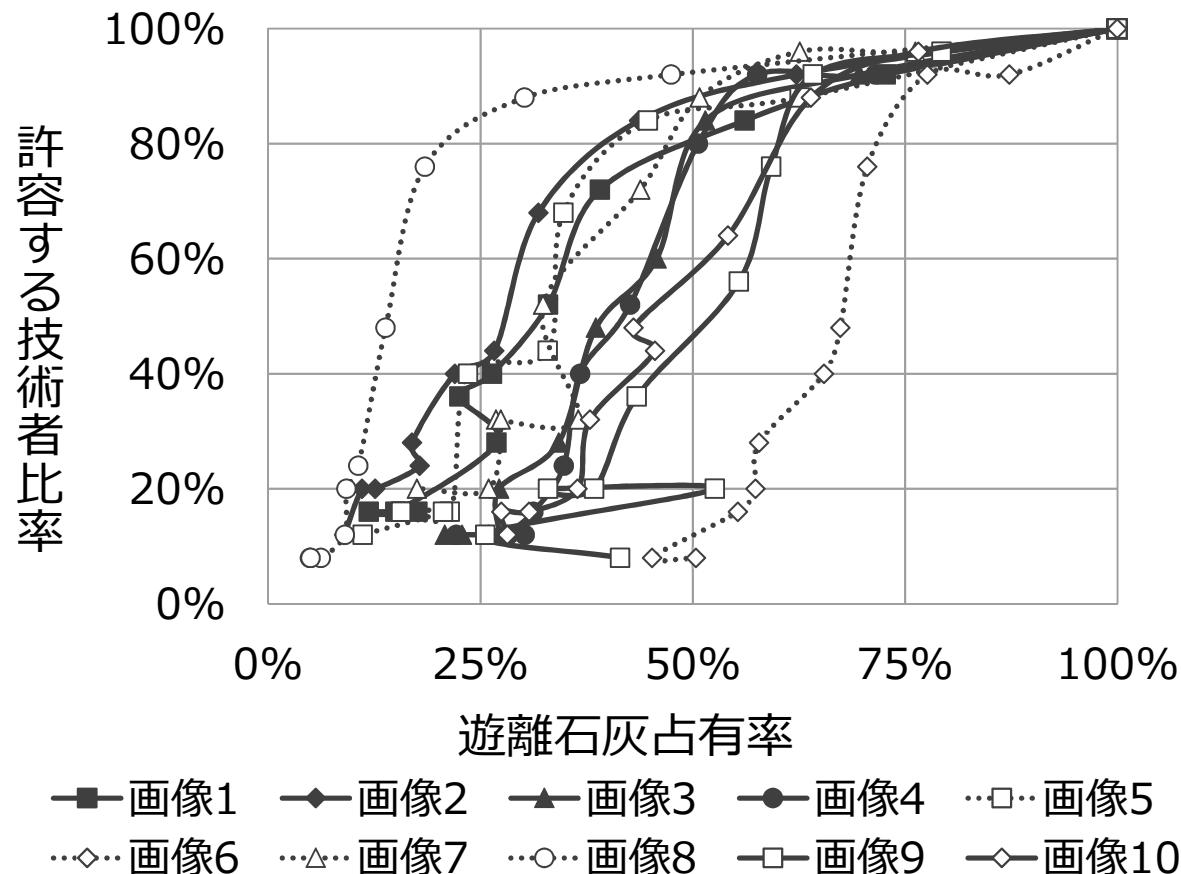
2

同じメッシュサイズでも画像  
ごとに遊離石灰の占有率は  
異なる

同じメッシュサイズでも画像ごとに遊離石灰の占有率は異なる

# 遊離石灰占有率と許容する技術者比率

## ■ 遊離石灰占有率に対する許容する橋梁技術者の割合の結果



1

遊離石灰占有率50%で  
約8割の技術者が許容

2

遊離石灰占有率75%で  
約9割の技術者が許容

遊離石灰占有率を適合率に置き換えると **0.5~0.75** が適合率の目安

## 研究結果

- モデル構築の稼働の省力化に向け橋梁技術者が許容する検出表示サイズを検証

1

**技術者が許容する表示サイズは20pixelメッシュ以内**

- ・20pixelメッシュまでの粗さで、約8割の技術者が許容する。

2

**遊離石灰の検出では適合率0.5～0.75を目安とする**

- ・適合率に相当する遊離石灰占有率において、50%で8割の技術者が許容、75%で9割の技術者が許容する。

20pixelメッシュ検出で適合率0.5～0.75が検出精度の目標値

## 橋脚の全体画像への損傷検出

- 損傷検出モデルの学習データと画像分析データは撮影目的が異なる。

学習データ



過去の点検調書に記録された  
損傷箇所を中心とした画像

画像分析データ



損傷の有無や場所が不明な  
画角の広い画像

実橋梁の橋脚の全体画像 に対して損傷検出モデルを適用

検出結果の表示方法や課題を検証

## 実橋梁の橋脚の撮影

- 複数の解像度のカメラパターンで橋脚を撮影.
- 橋梁の画像分析には0.3mm/pxの分解能が望ましいとされている.

橋梁	撮影対象	撮影カメラ 画素	カメラレンズ	撮影枚数	データ量 (1枚)	合計 データ量	分解能 (mm/px)
U橋	P1橋脚 (A1側)	約2000万	250mm	64枚	9MB	567MB	0.30
U橋	P4橋脚 (A2側)			62枚	9MB	564MB	0.26
M橋上り	P1橋脚 (A1側)	フルHD	250mm	245枚	1.2MB	289MB	0.61
M橋上り	P1橋脚 (P2側)			162枚	1.3MB	205MB	0.69
M橋下り	P1橋脚 (A1側)	約2000万	55mm	20枚	5.6MB	113MB	0.82
M橋下り	P1橋脚 (P2側)	フルHD	250mm	336枚	1.2MB	407MB	0.73
T橋	P1橋脚 (A1側)	約1.5億	80mm	1枚	25MB	24.8MB	0.79
T橋	P1橋脚 (P2側)			2枚		51.3MB	0.82

高い分解能(0.3mm/pix)の撮影では、データ量が大きくなる

## 橋脚の全体画像への損傷検出

- 橋脚全体画像に損傷を表示することで、損傷の位置関係が明確.
- 汚れの多い橋梁では遊離石灰の誤検出が多くみられた.

汚れの多い橋脚



汚れの少ない橋脚



コンクリート汚れによる遊離石灰の誤検出が多くみられた

# 遊離石灰の誤検出への対策

- 遊離石灰の検出モデルの変更と、実橋梁画像を学習データとするモデルの再構築。

## 第2章で構築



### 検出モデル

第2章で構築したモデル

- ひび割れ、遊離石灰：DeepCrack
- 剥離、鉄筋露出：SegNet



### 学習データ

過去の橋梁点検調書の画像

遊離石灰で誤検出が多く発生

## モデルの再構築

### ①修整モデル



### 検出モデル

遊離石灰を  
SegNetに変更

### ②U橋専用モデル



### 検出モデル

4つの損傷とも  
Segformerに変更  
※より細かい特徴抽出が得意



### 学習データ

汚れのある実橋梁  
(U橋)の画像

剥離・鉄筋露出と  
同じモデルに変更

モデルの変更  
学習・分析データの統一

# 各モデルにおける損傷検出の評価結果

- 学習データとテストデータの画像の種類の違いにより、検出精度の低下が見られた。

モデル	①修整モデル DeepCrackまたはSegNet		②U橋専用モデル Segformer		(参考)第2章のモデル DeepCrackまたはSegNet		
	学習データ	点検調書	実橋梁 (U橋)	実橋梁 (U橋)	点検調書	点検調書	
テストデータ	実橋梁 (U橋)	再現率	適合率	再現率	適合率	再現率	適合率
ひび割れ	0.043	0.008	0.005	0.026	0.31	0.14	
剥離	0.018	0.047	0.123	0.324	0.51	0.35	
鉄筋露出	0.581	0.619	0.722	0.607	0.58	0.28	
遊離石灰	0.029	0.234	0.293	0.609	0.53	0.36	

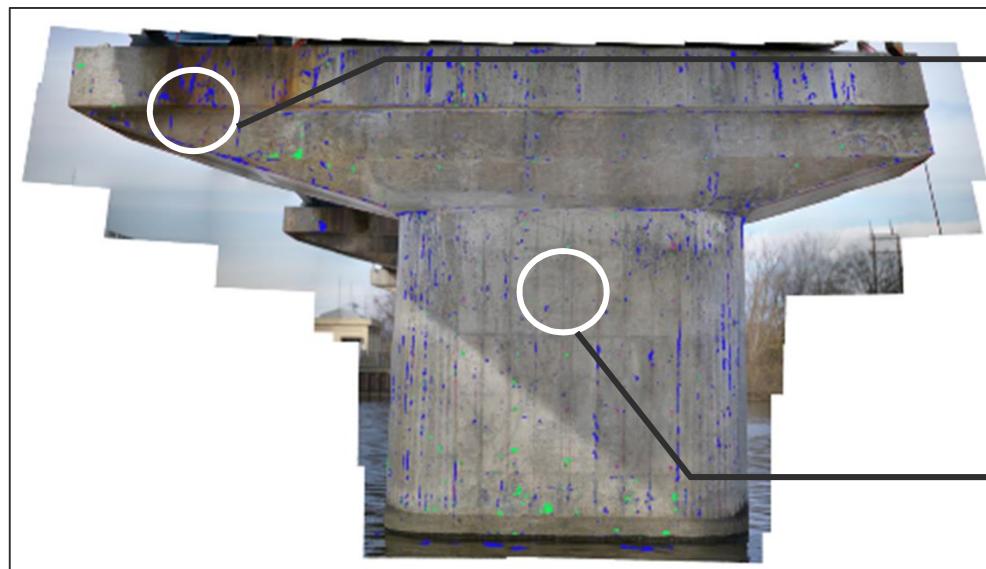
- 学習・テストデータの種類が異なる
- 検出精度の低下
- 実橋梁の汚れが影響している

- 汚れのある橋梁でも精度向上可能
- 損傷の画像が少なく学習が不十分
- 汎用性が低い

実橋梁の検出で汚れの誤検出がどのように生じているか確認する

## 橋脚の全体画像のコンクリート表面の変状

- 橋脚全体画像には、汚れなどの変状がある箇所とない箇所がある。
- 同じ橋梁画像でも、場所によって検出精度が変わることがある。



コンクリート表面に変状のある箇所

変状を損傷と誤検出しやすい

コンクリート表面に変状のない箇所

変状の影響を受けない

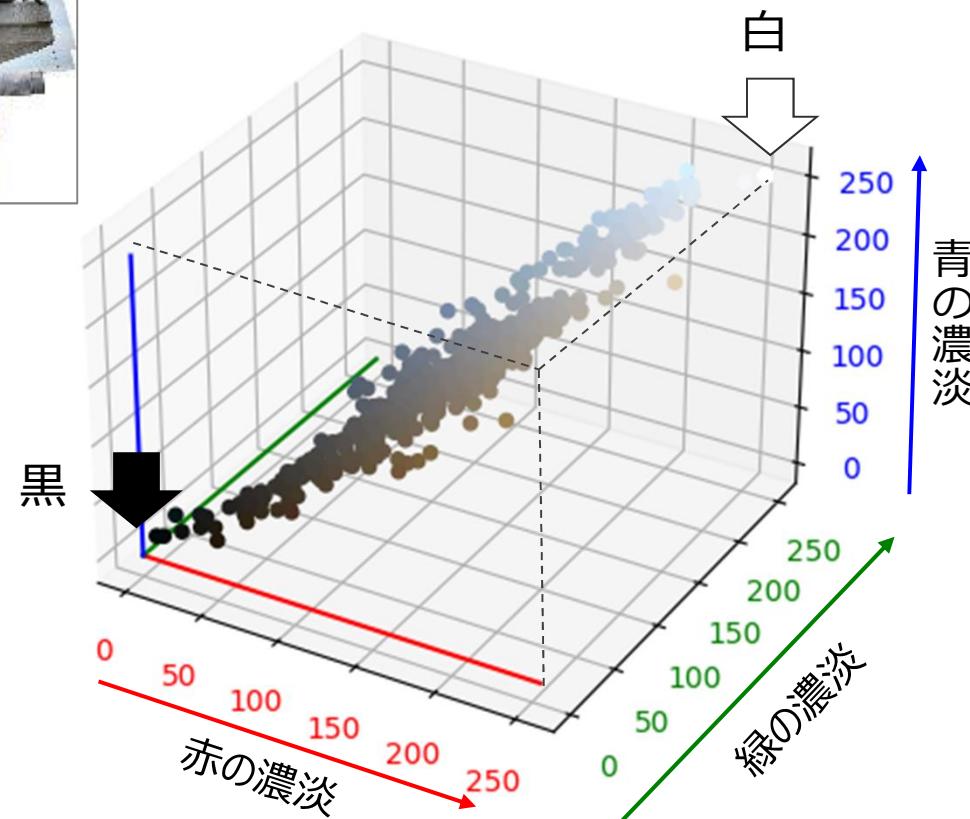
コンクリートの変状がある箇所とない箇所の検出評価を確認する

# コンクリート表面の変状箇所の識別

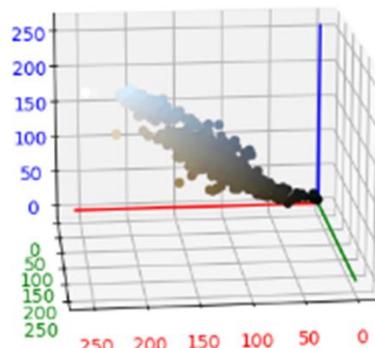
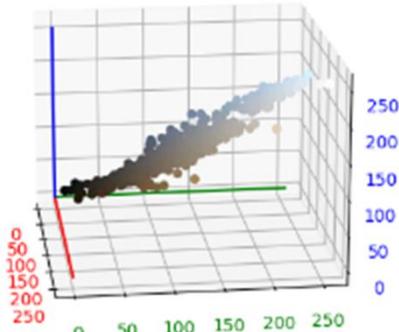
- コンクリート表面の変状を画像の色調から識別する手法を検討.
- 画像のピクセルごとの色を表現するRGB構成値を三次元散布図で表す.

## 【橋脚画像のRGB三次元散布図】

橋脚の画像



散布図の回転



## 橋脚の分割画像のRGB三次元散布図

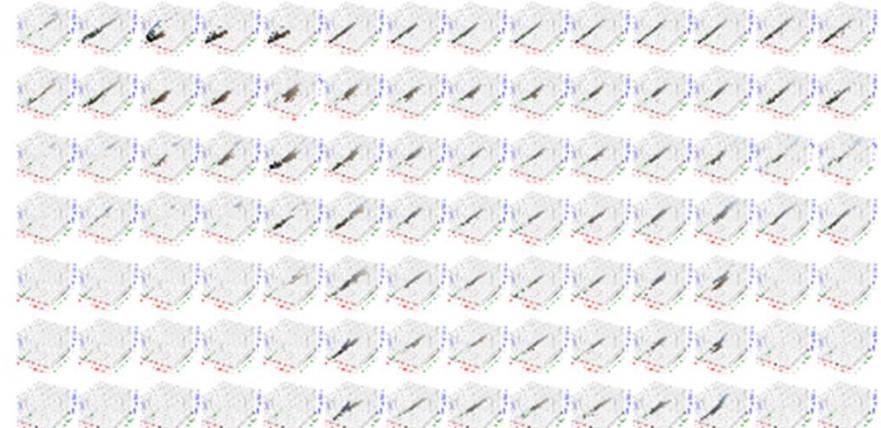
- 橋脚画像を1000×1000pixelで橋脚画像を分割.
- 分割画像ごとにRGBの三次元散布図を作成.

橋脚の分割画像



1000×1000pixelで画像を分割

分割画像のRGB三次元散布図



画像ごとにRGBの分布が異なる

画像ごとにRGBを構成する値の違いから、散布図に特徴が見られる

# 画像のRGB構成によるコンクリート表面の変状の識別

- コンクリート変状がある画像では、色調の広がりが見られた。
- 1点のプロット当たりのピクセル数が不明のため、量的分布の分析が必要。

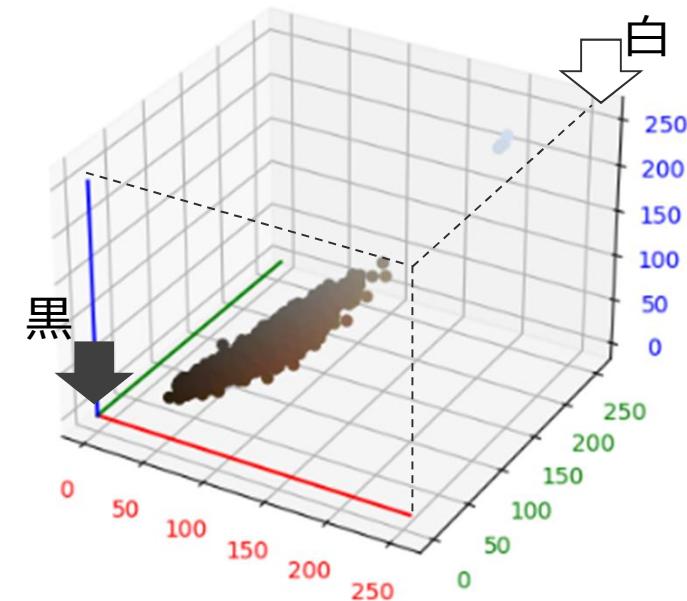
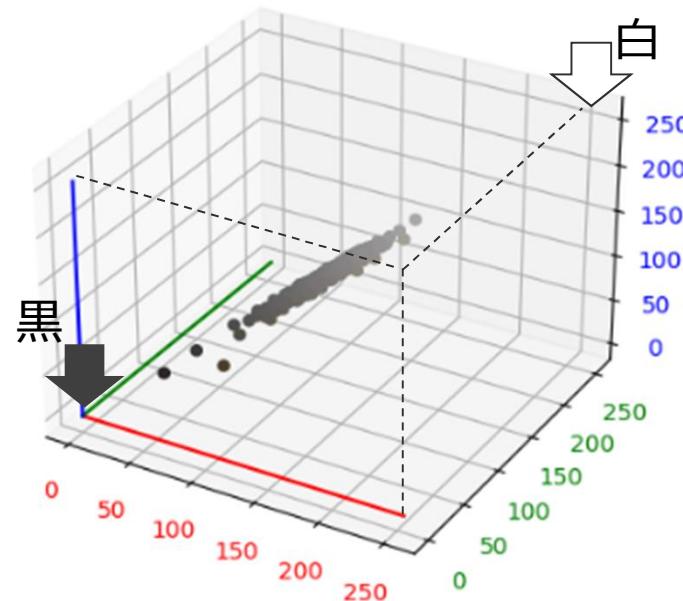
## 【汚れのない画像】

黒から白に対角線上に  
細く伸びる



## 【汚れのある画像】

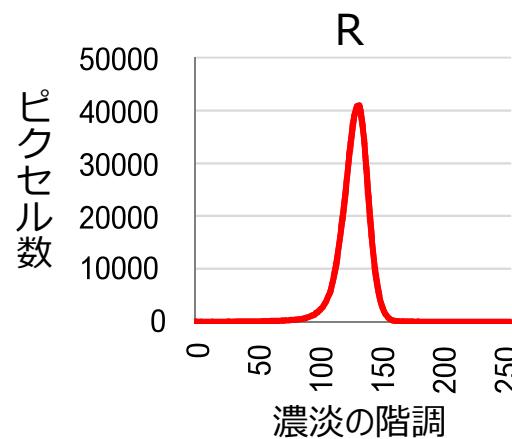
黒から白に対角線上に  
太く広がる



# 分割画像におけるRGBの量的分布の分析

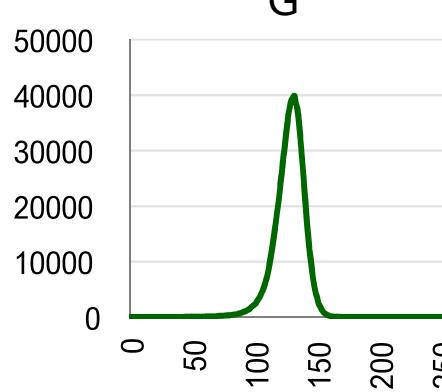
- 分割画像のRGB構成をヒストグラムでは、変状箇所ではばらつきが生じた。

変状のない画像のRGBヒストグラム

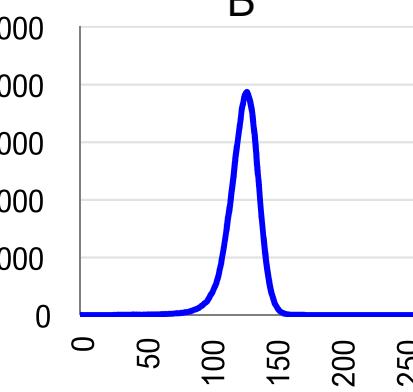


ピクセル数

G



B

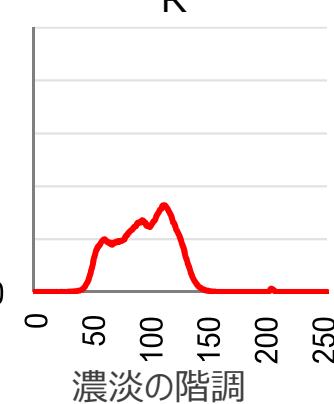


変状のある画像のRGBヒストグラム



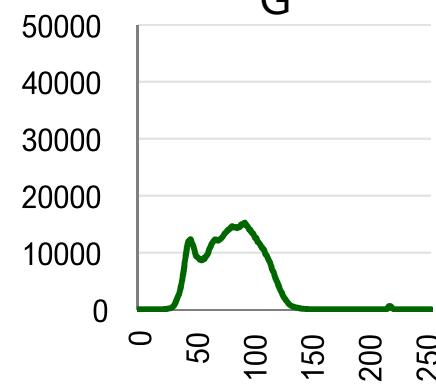
ピクセル数

R

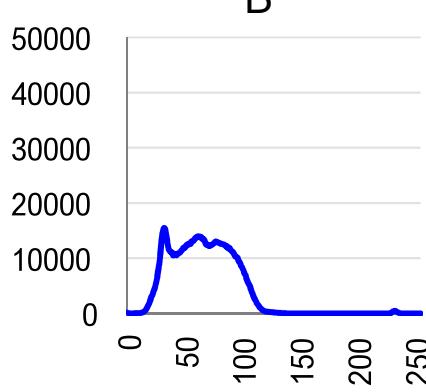


濃淡の階調

G



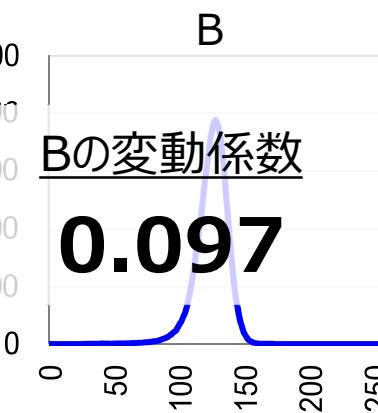
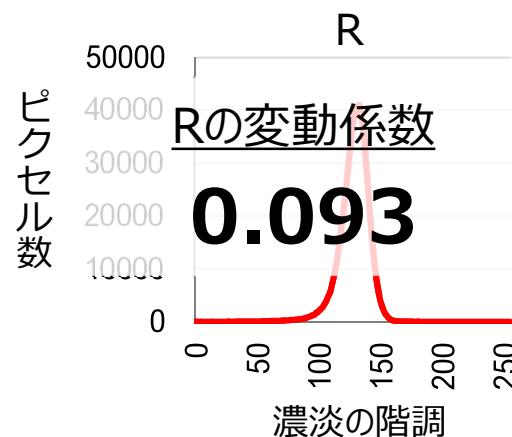
B



# 分割画像におけるRGBヒストグラムのばらつき

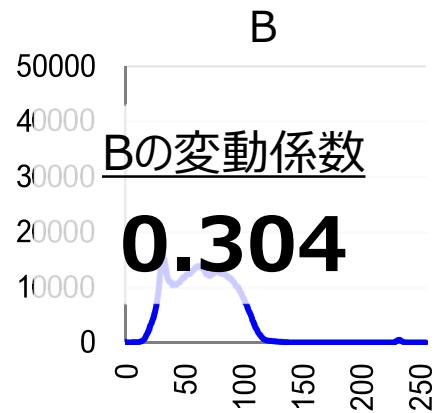
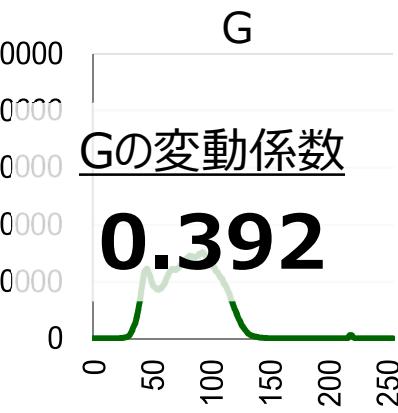
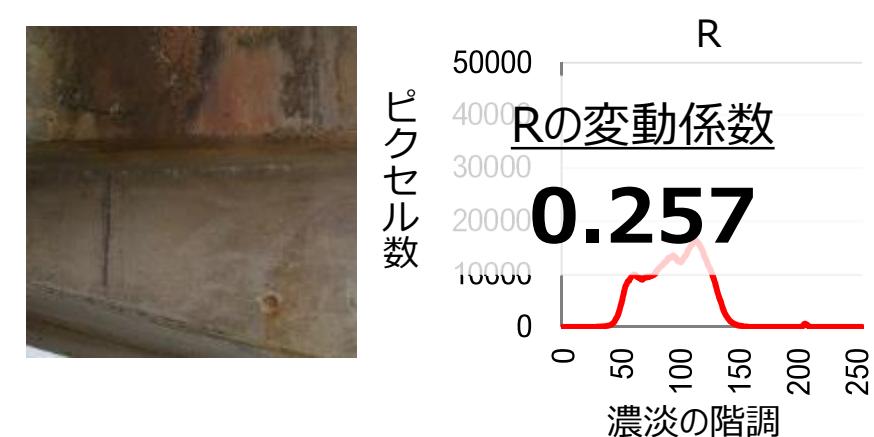
- データのばらつきを変動係数で算出したところ、変状があると変動係数が高くなつた。

変状のない画像のRGBヒストグラム



RGBの平均変動係数 : **0.097**

変状のある画像のRGBヒストグラム



RGBの平均変動係数 : **0.318**

## 分割画像のRGBの平均変動係数

- 平均変動係数が0.14以上になると、汚れ・変色などの変状や陰の境目が見られた。

■ RGBの平均変動係数が0.14以上の箇所

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	0.176	0.459	0.851	0.787	0.574	0.552	0.507	0.482	0.458	0.472	0.501	0.527	0.334	0.440
1	0.193	0.538	0.318	0.154	0.180	0.140	0.148	0.146	0.130	0.137	0.130	0.157	0.213	0.470
2	0.166	0.137	0.195	0.262	0.393	0.297	0.135	0.134	0.124	0.154	0.199	0.395	0.280	0.154
3	0.000	0.199	0.180	0.077	0.402	0.487	0.144	0.119	0.109	0.145	0.148	0.252	0.358	0.369
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.165	0.314	0.149	0.128	0.103	0.101	0.124	0.423	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.557	0.128	0.140	0.153	0.097	0.111	0.422	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.444	0.121	0.133	0.133	0.154	0.149	0.415	0.000	0.000

**変状の要因**：汚れ、変色、損傷、劣化、漏水・滯水跡、植物など。

**注意事項**：影の境目も変動係数が高くなるため、影にならない時間・天気に撮影する。  
部材以外の背景などはノイズとなる。

# コンクリート表面の変状と損傷の検出評価の相関性

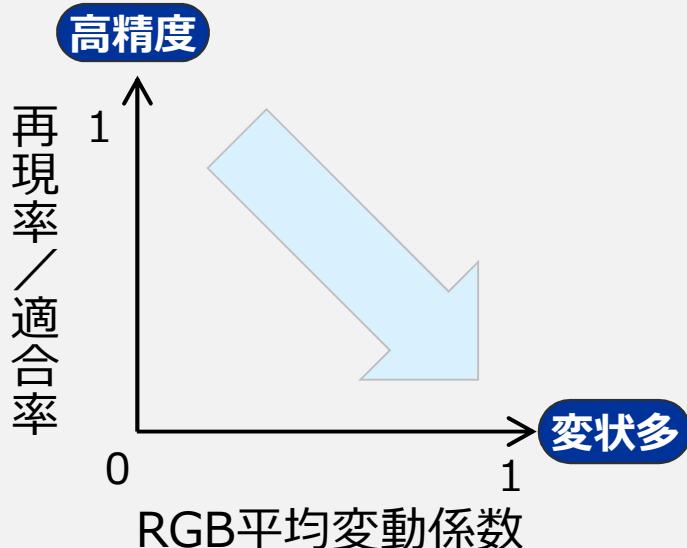
- 分割画像のコンクリート変状と損傷の評価の相関分析を行う。

コンクリートの変状  
(RGB平均変動係数)

相関関係

検出評価  
(再現率・適合率)

## 【コンクリート変状と検出評価の相関性】

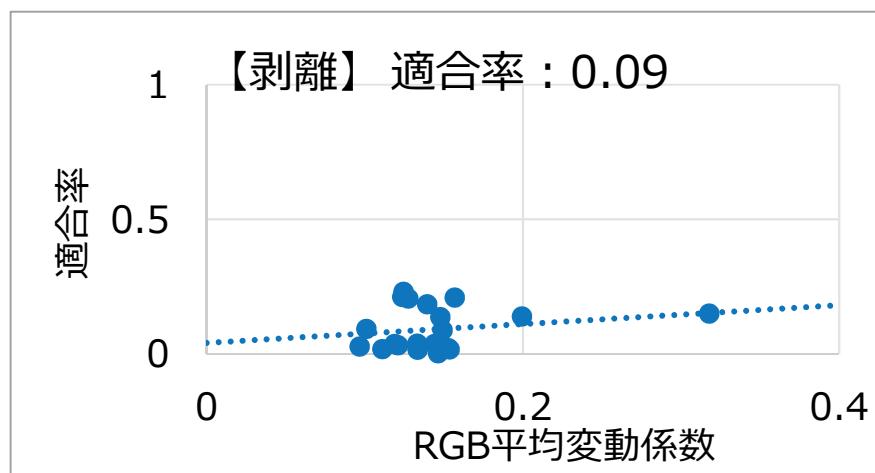
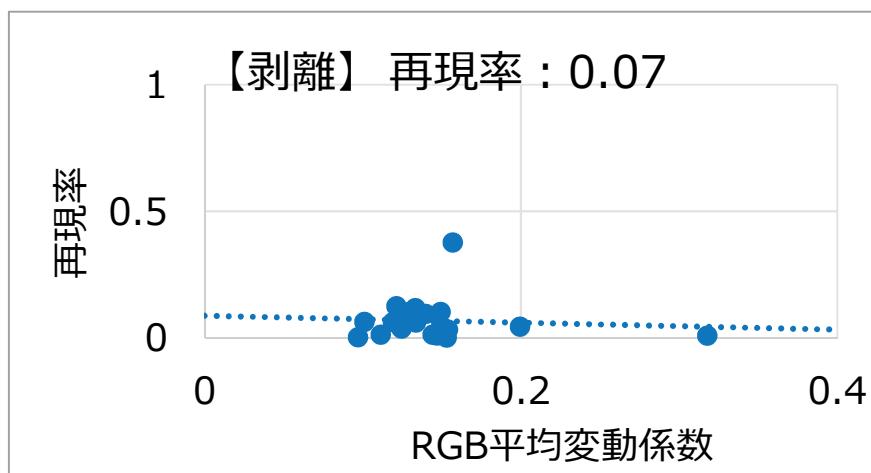
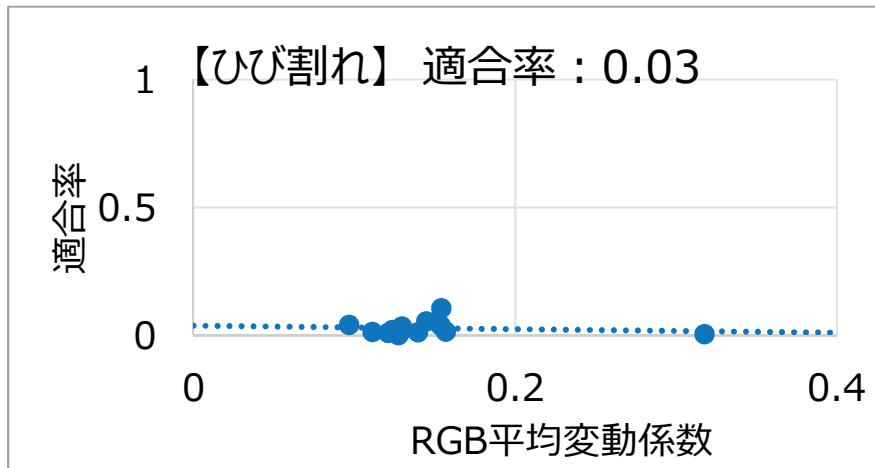
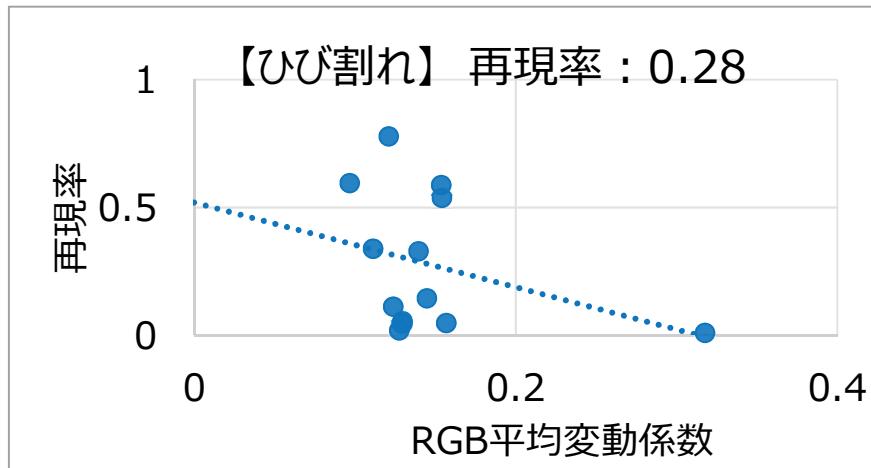


変状が検出評価に影響を与えていれば  
右肩下がりの **負の相関** になる。

※ノイズとなる背景を含む画像と、  
検出評価が0の画像を除いて実施。

## 分割画像のRGB平均変動係数と損傷の再現率と適合率(1/2)

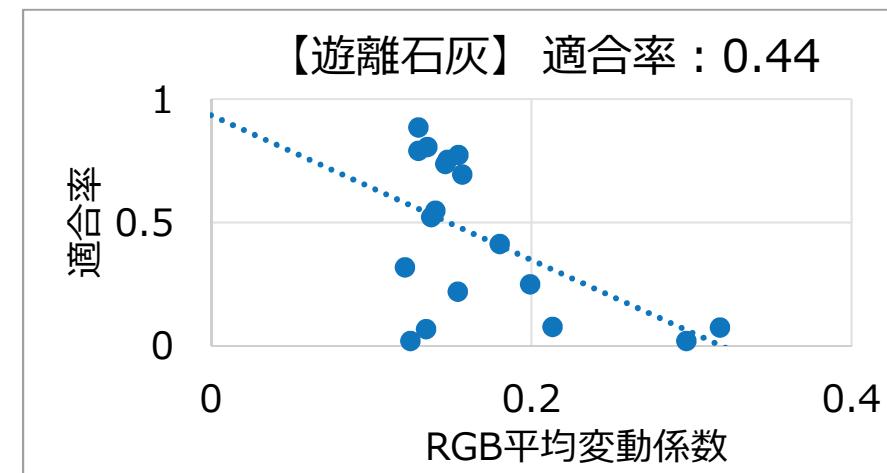
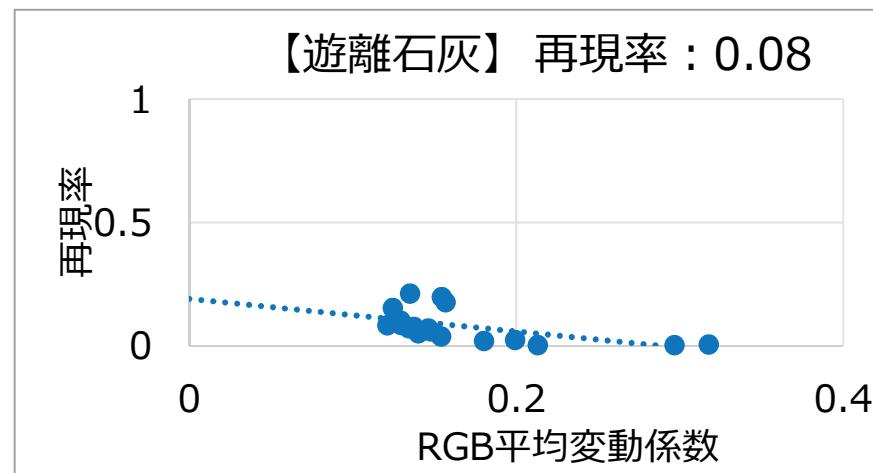
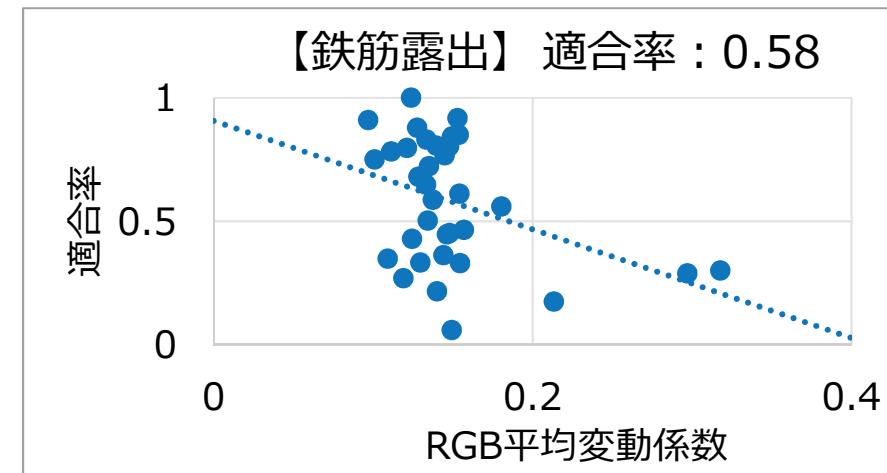
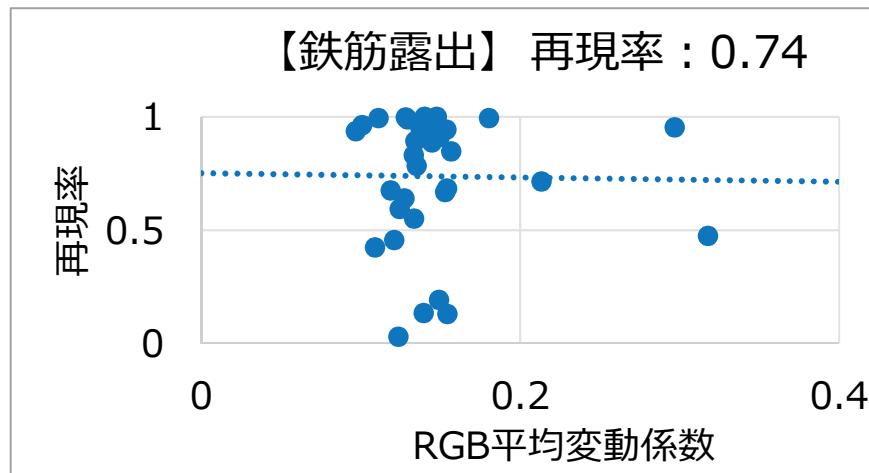
- 平均評価が0.28以上でコンクリート汚れ等の変状により検出評価が下がる。



----- 線形近似

## 分割画像のRGB平均変動係数と損傷の再現率と適合率(2/2)

- 平均評価が0.28以上でコンクリート汚れ等の変状により検出評価が下がる。



----- 線形近似

## 研究結果

- 実橋梁画像に対し損傷検出を行い課題や視認性を調査.

1

### 学習データと分析データの違いにより検出精度が低下

- ・点検調書の画像と実橋梁の画像では撮影目的が異なる.
- ・学習データに実橋梁の画像を追加する必要がある.

2

### コンクリート表面の変状が検出精度に影響を与える

- ・変状箇所は、RGBの三次元散布図やヒストグラムで特徴がある.
- ・変状箇所の検出精度は下がる傾向がある.

実橋梁の画角の広い画像を学習データにモデルを改善する必要がある

## 検出結果の視認性に関する検証内容

- 橋梁技術者の視認性について画像の縮尺と画像の構造の2つの観点から検証.

### ① 画像の縮尺

#### 全体画像

損傷箇所が一目でわかるよう  
**橋脚の全体画像に損傷検出**を行う.

#### 拡大画像

高解像度の画像を使用し、  
**拡大した画像でも損傷を鮮明**に見れるようにする

### ② 画像の構造

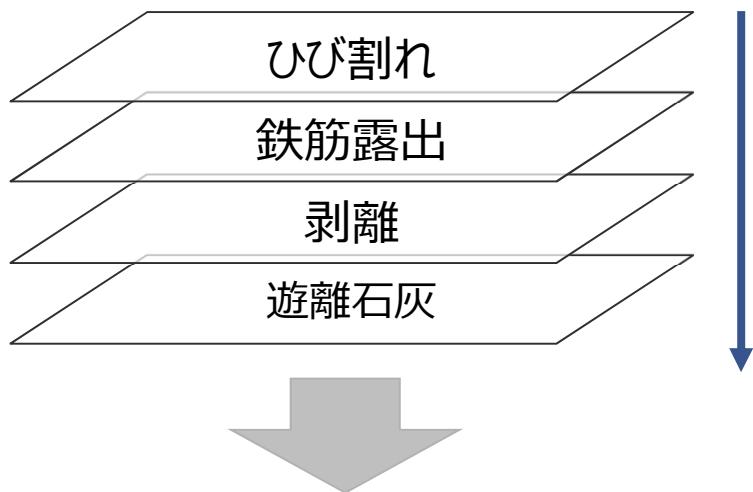
#### レイヤ構造

損傷検出結果の表示・非表示を切り替えられるよう  
**レイヤ構造**で表示する.

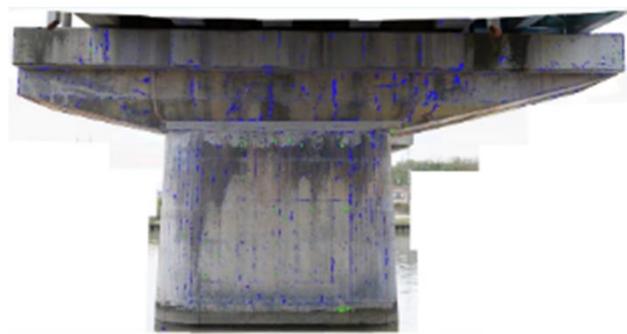
## 橋脚の損傷検出結果のレイヤ表示

- 橋脚全体画像の上に、損傷検出をレイヤで重ね合わせて表示。

### 損傷検出結果のレイヤ表示



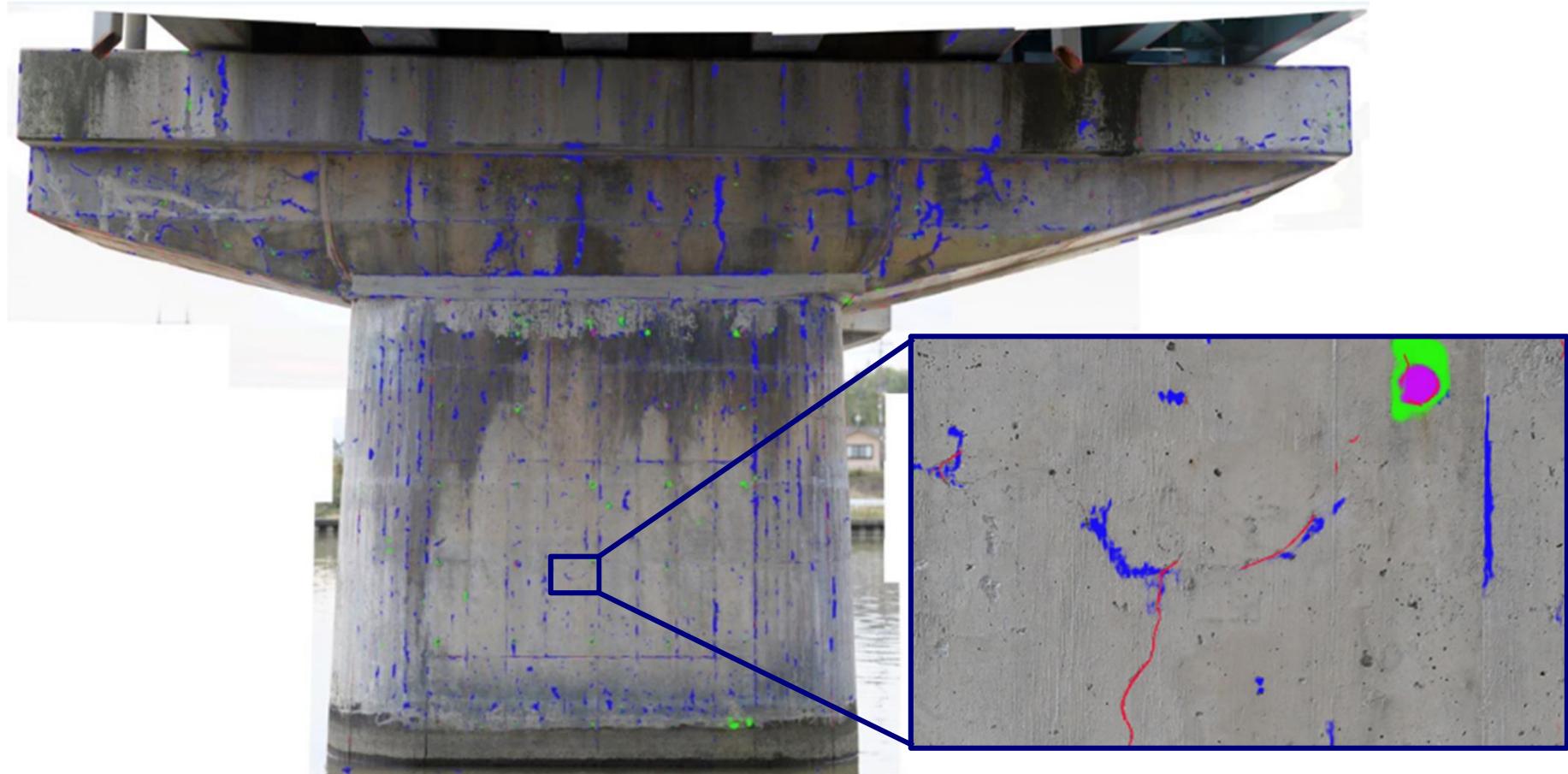
レイヤ構造は  
上位から細かい損傷の順番



損傷検出箇所以外の領域は  
下の画像が見えるように透過処理

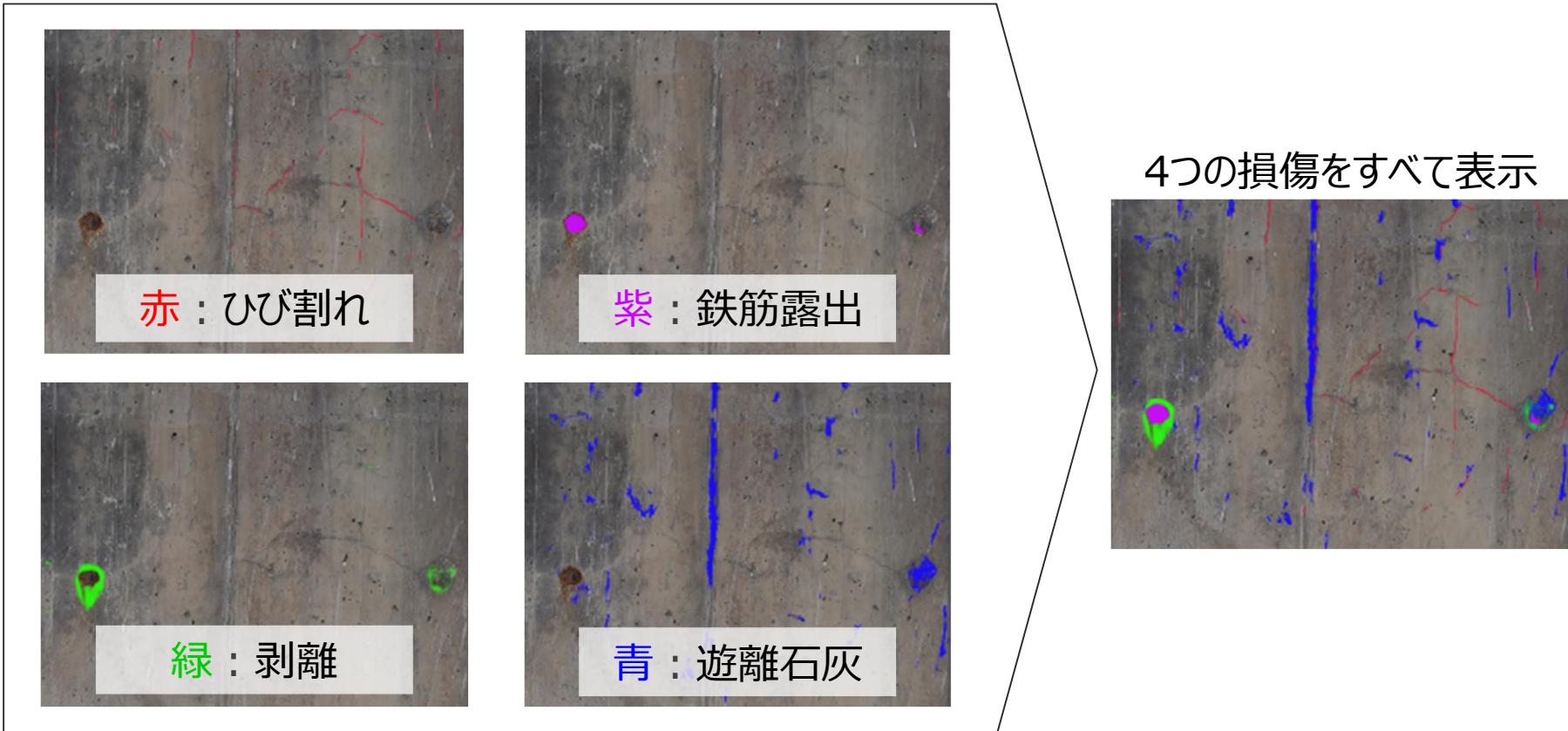
## 橋脚の全体画像にレイヤ構造で損傷検出結果を表示

- 損傷の発生箇所や位置関係が、ひとめで確認できる。
- 高解像度の画像を使用したため、拡大してコンクリート表面が鮮明に表示される。



## 複数損傷の検出結果をレイヤ表示

- 損傷結果をレイヤ表示にすることで、損傷の表示・非表示の切り替えが可能。



技術者が損傷の検出結果を自由に組み合わせて表示可能

# 橋梁技術者が評価する損傷検出結果の画像

- 橋梁技術者が評価する画像として、全体画像と拡大画像の2種類の画像を準備。

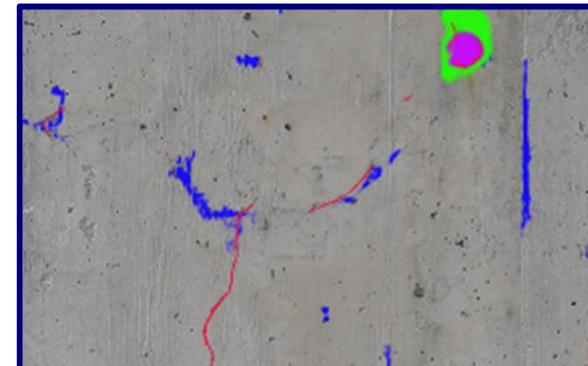
## 全体画像

橋脚全体に対する損傷の発生状況

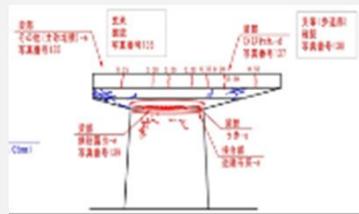


## 拡大画像

一つ一つの損傷の確認



## 橋梁点検調書



# 技術者による全体画像と拡大画像の確認

- 橋梁技術者は、全体画像と拡大画像で橋脚の損傷検出結果を確認。

## 全体画像

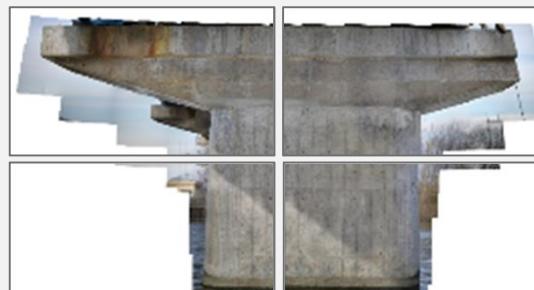
全体画像の**表示サイズを検証する**ため、  
大型プリンタで2種類の大きさによる損傷状況  
の視認性を確認

### 【2分割印刷】



55インチの  
ディスプレイに相当

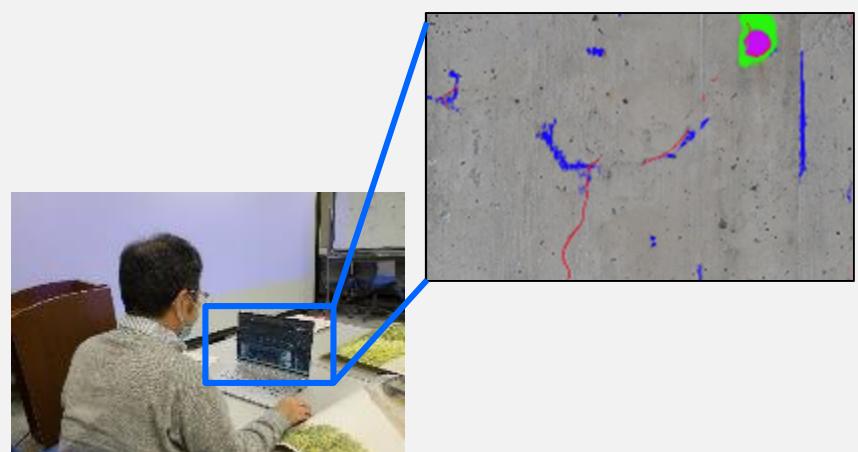
### 【4分割印刷】



100インチの  
ディスプレイに相当

## 拡大画像

PCの画面で拡大操作を行い  
損傷状況の視認性、レイヤ表示を確認



技術者がPCにて損傷の詳細を確認する様子

# 橋脚全体画像への損傷表示に対する技術者の評価

検証内容	技術者の評価
<b>①画像の縮尺</b>  全体画像と拡大画像の 2画面で表示	<ul style="list-style-type: none"><li>・全体画像の2分割印刷と4分割印刷では <b>損傷の把握のレベルは同等</b>.</li><li>・損傷を<b>全体画像で確認した後に拡大画像で詳細が 見える</b>ところが利便性が高い.</li><li>・損傷の有無は判断できるが、サイズなどの情報がないため、<b>損傷区分の判定は困難</b></li></ul>
<b>②画像の構造</b>  レイヤ構造で表示	<ul style="list-style-type: none"><li>・レイヤは、上位から細かい損傷の順が良い.</li><li>・部材によって<b>レイヤの入れ替えや表示の切り替え</b>が必要.</li></ul>

橋梁技術者の視認性を考慮したシステムの構築を目指す

## 研究結果

- 橋梁技術者の観点から、損傷状況の把握に必要な表示を検証

1

### 全体画像と拡大画像の2つの確認画面が有効

- ・部材全体を概観する全体画像と、損傷の詳細を確認する拡大画像の2つのディスプレイを用意することが有効である。

2

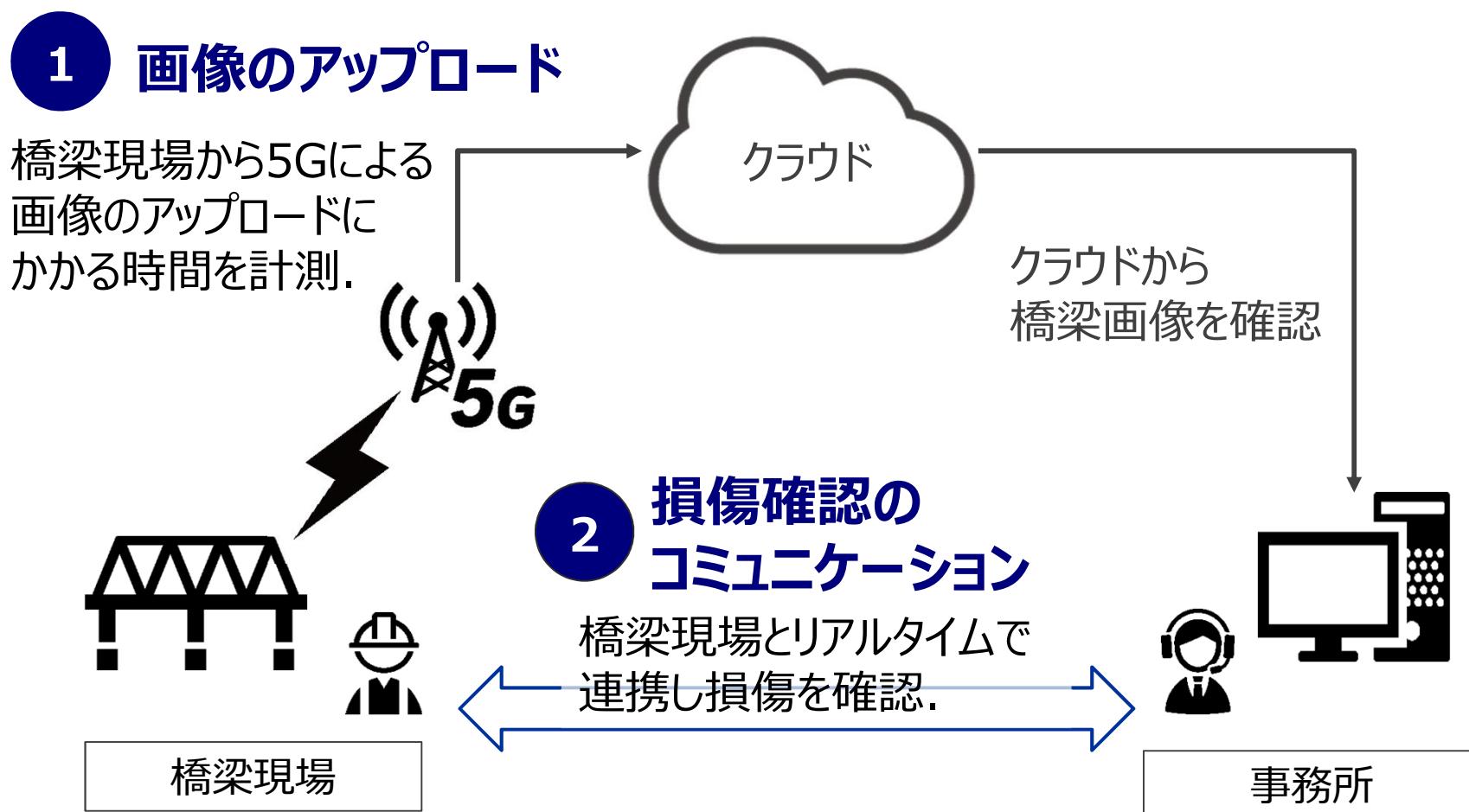
### 損傷程度の判定には実測値の情報が必要

- ・ひび割れの幅や間隔などの実測値が必要なため、損傷箇所の検出だけでは、判定がつかなかった。

橋梁技術者の視点で、有益な視認性を確保する必要がある

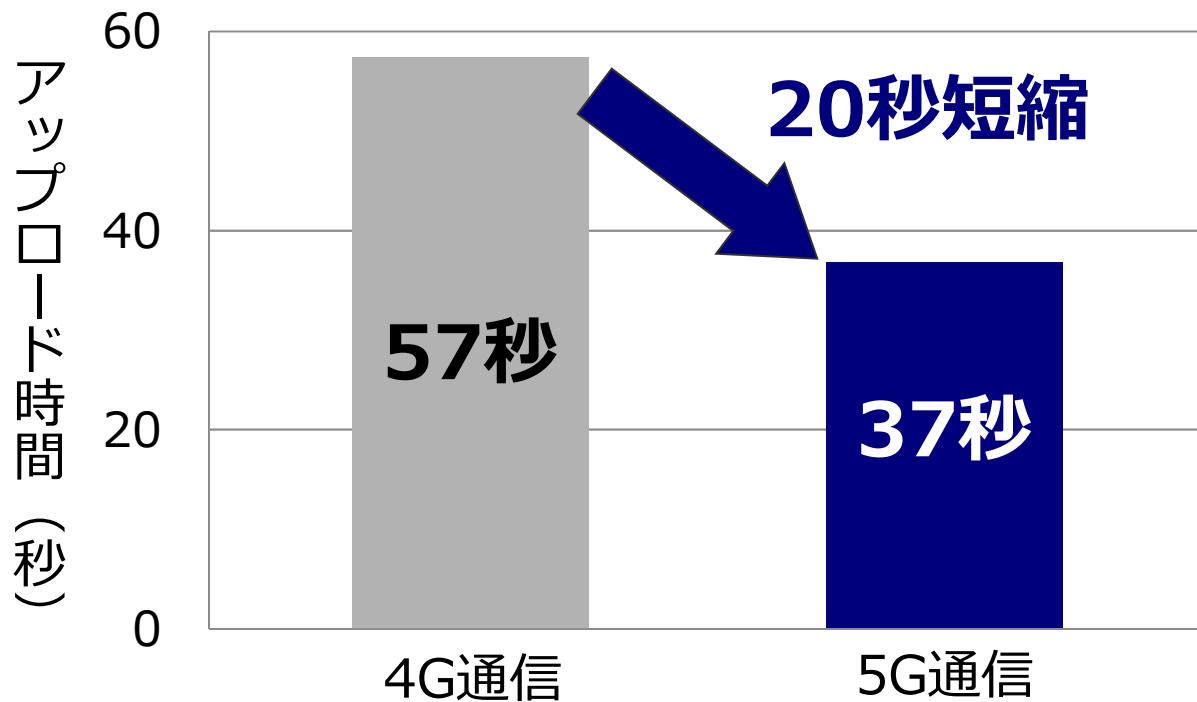
# 5Gを活用したリアルタイム遠隔点検支援

- 実験①：データ量の大きな画像のアップロードに5Gを活用して作業時間を短縮.
- 実験②：橋梁現場と遠隔地の事務所が連携し、損傷の確認を行う.



## 実験①5Gと4Gによる画像アップロード時間の比較

- 5GエリアであるK橋を対象に、  
橋脚一面分の画像を  
クラウドにアップロード.

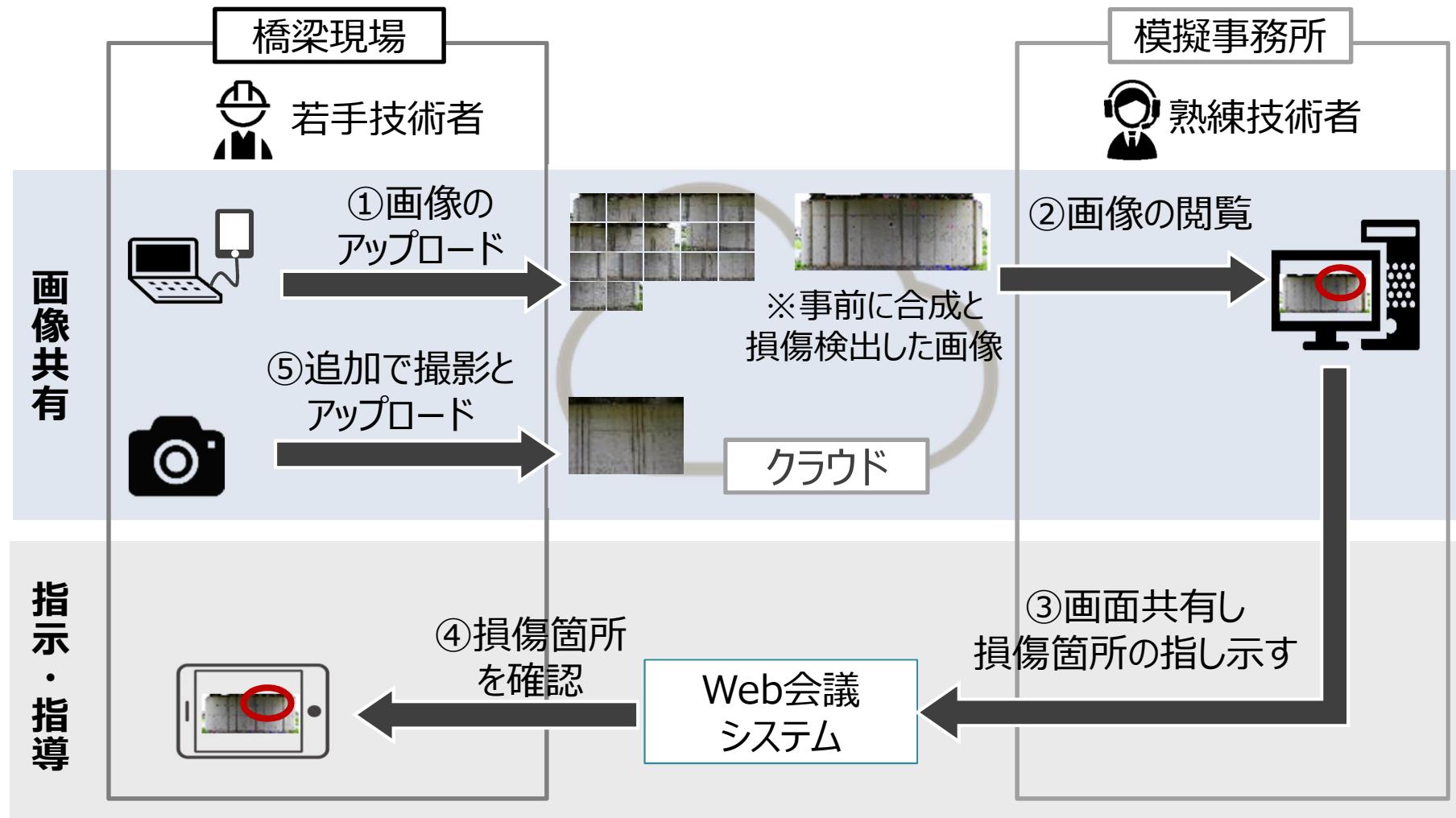


- 実験場所  
K橋 (5Gエリア)
- アップロード画像  
橋脚1面分
- 画像データ量  
17枚 (196MB)
- アップロード時間  
3回測定値の平均

5G通信の活用により、画像アップロード時間を短縮できる

## 実験②遠隔点検支援の模擬実験の概要

- 橋梁現場と模擬事務所でコミュニケーションをとりながら相互に損傷状況を確認。



## 実験②リアルタイム遠隔点検支援の模擬実験

- 現場の若手技術者と模擬事務所の熟練者技術者には、実際の技術者が参加。



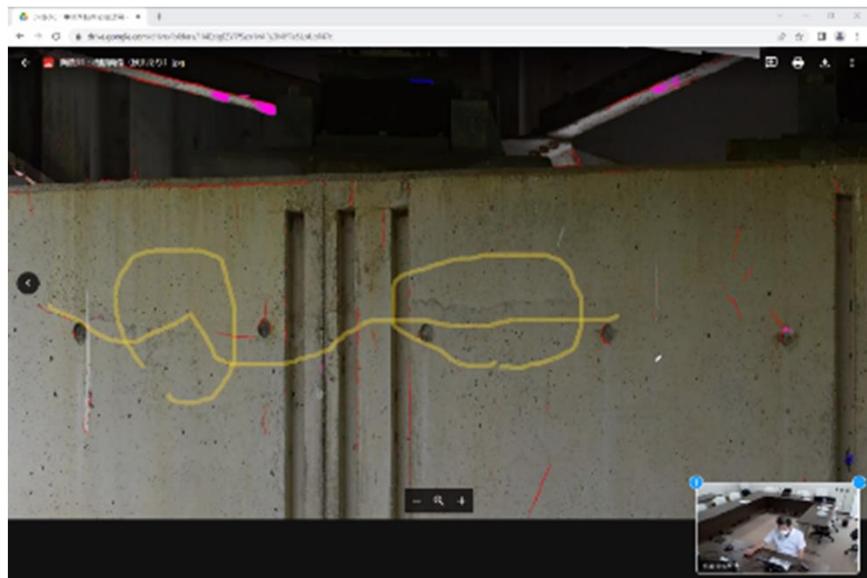
WEB会議システムによるコミュニケーション



追加画像の撮影



熟練技術者の  
確認



WEB会議の画面共有による  
損傷箇所の指示

リアルタイムのコミュニケーションで遠隔地でも損傷状況を把握が可能

## 実験②リアルタイム遠隔点検支援の模擬実験

- 模擬実験に参加した若手技術者と熟練技術者へのヒアリング.

橋梁技術者のコメント	
画像のアップロード	<ul style="list-style-type: none"><li>・アップロード時間は想像より早かった.</li><li>・アップロード時間がさらに短くなることで<b>点検作業の短縮</b>につながる.</li></ul>
検出結果の確認	<ul style="list-style-type: none"><li>・現場とのコミュニケーションで、<b>損傷発生の要因を遠隔地からでも確認</b>ができた.</li></ul>
現場への指示・指導	<ul style="list-style-type: none"><li>・<b>画面共有の指示</b>は、現場と事務所のコミュニケーションに有効.</li><li>・リアルタイムなら、<b>触診や打音検査を現場の技術者に代行</b>でさせ、状況把握が可能.</li></ul>
遠隔点検支援の運用可能性	<ul style="list-style-type: none"><li>・熟練技術者が<b>複数橋梁を同時に支援</b>でき、点検の省力化になる.</li><li>・<b>健全性や供用年数に合わせて、最新技術を活用した点検</b>をすることが望ましい.</li></ul>

# 研究結果

- 5Gを活用した遠隔点検支援の運用可能性を検討

1

## 大容量の画像共有には5Gで時間短縮が期待できる

- ・大容量の橋梁画像は、4Gより5Gの方が短時間でアップロードできた。

2

## リアルタイムの遠隔点検支援で省力化が図れる

- ・リアルタイムに橋梁現場と事務所でコミュニケーションをとることで、遠隔地にいても画像以外の情報を得られる。

3

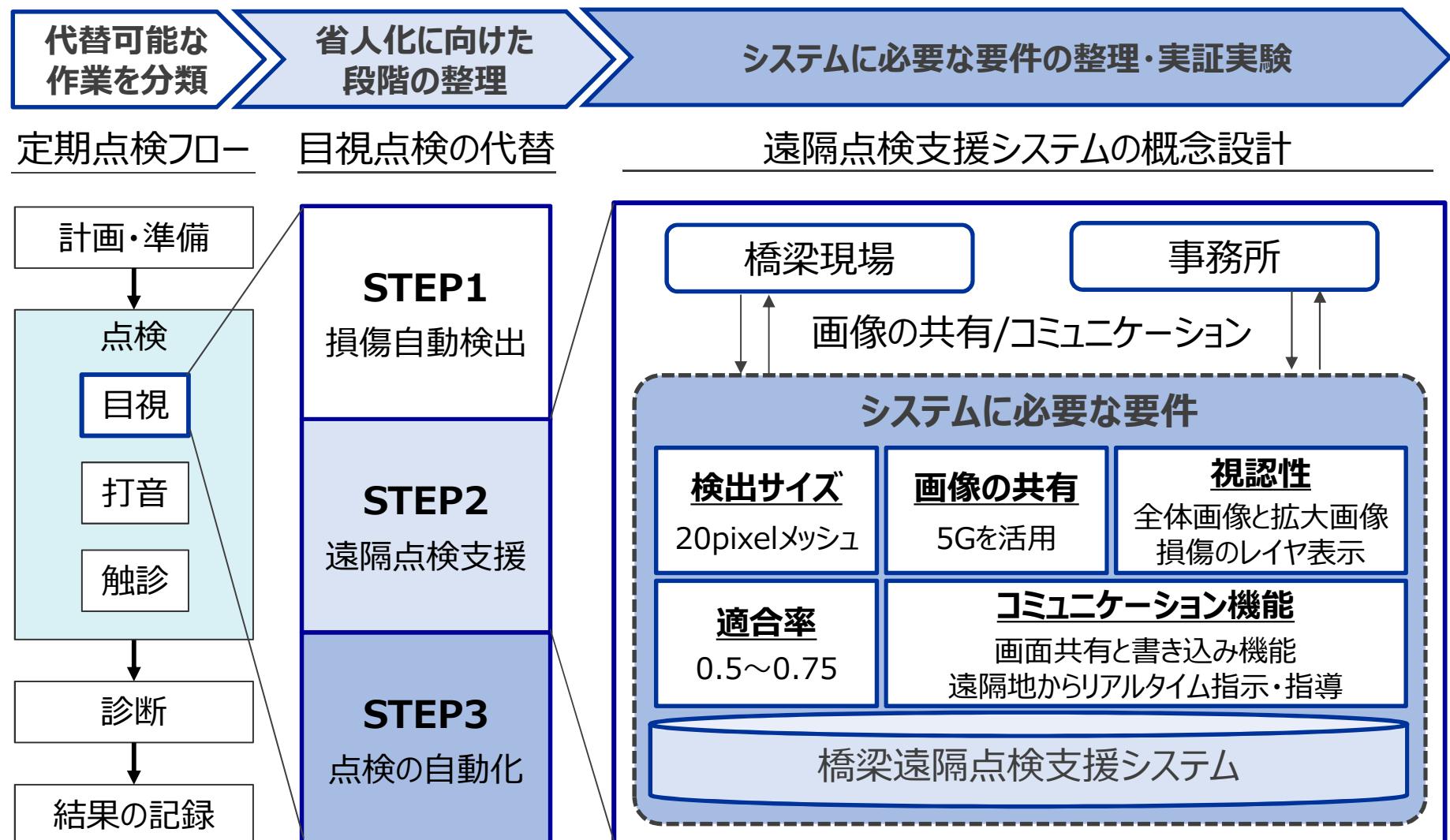
## 橋梁の健全性ごとの点検手法を提案

- ・遠隔点検支援は、健全性Ⅱまたは建設30年以上の橋梁点検に適している。

遠隔点検支援により点検作業の効率化・省力化が期待できる

# 本研究で得られた成果

## ■ 橋梁の定期点検における遠隔点検支援の位置づけと概念設計



# 本研究の総括

背景 : 橋梁の老朽化と点検技術者の減少する社会課題

研究目的 : 遠隔地点検支援システムによる技術者的人材の効率化

## 画像分析による損傷検出の視認性の高度化

- 検出精度は技術者が損傷状況を把握できる視認性とすることで稼働を削減できることがわかった。
- コンクリートの変状により検出精度が影響していることを明らかとした。

## 橋梁現場と遠隔地の事務所との損傷状況の確認

- 5Gを活用した画像共有とリアルタイムのコミュニケーションにより、遠隔地でも損傷状況を把握できた。



### 【研究結果の結論】

## 遠隔点検支援システムで技術者的人材の効率化が図れる

- 熟練技術者を難易度の高い点検に注力させることができる。



**ご清聴ありがとうございました**