

平成30年度（一財）日本建設情報総合センター研究助成

# 市民協働型インフラ管理体制の構築に向けた 橋梁観察システムの開発と社会実装

令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会

令和3年9月9日（木） 9:30～10:50 CS5（Room46）

舞鶴工業高等専門学校

社会基盤メンテナンス教育センター ○嶋田 知子

建設システム工学科 玉田 和也

# アジェンダ

1. 目的
2. 橋梁観察ガイドラインの策定
3. 橋梁観察システムの開発
4. 市民学習カリキュラムの開発と実証・検証
5. まとめ



Dr. MAMORUN

# 1. 目的

人口減少・少子高齢化が顕著な地域においても、国土を適切に管理し、人が住み続けるには最低限の社会基盤(インフラ)は必要であり、将来に渡り、インフラを維持管理していくことは行政の責務だが・・・

インフラの高齢化と技術職員構成の高年齢化  
今後10年で現在の技術職員の4割以上が退職  
→ 一人当たりのメンテナンス業務量が激増

点検が進む一方で修繕実施率が低い  
→ セカンドサイクルの点検費縮減  
→ 利用状況等を踏まえた橋梁の集約化・撤去

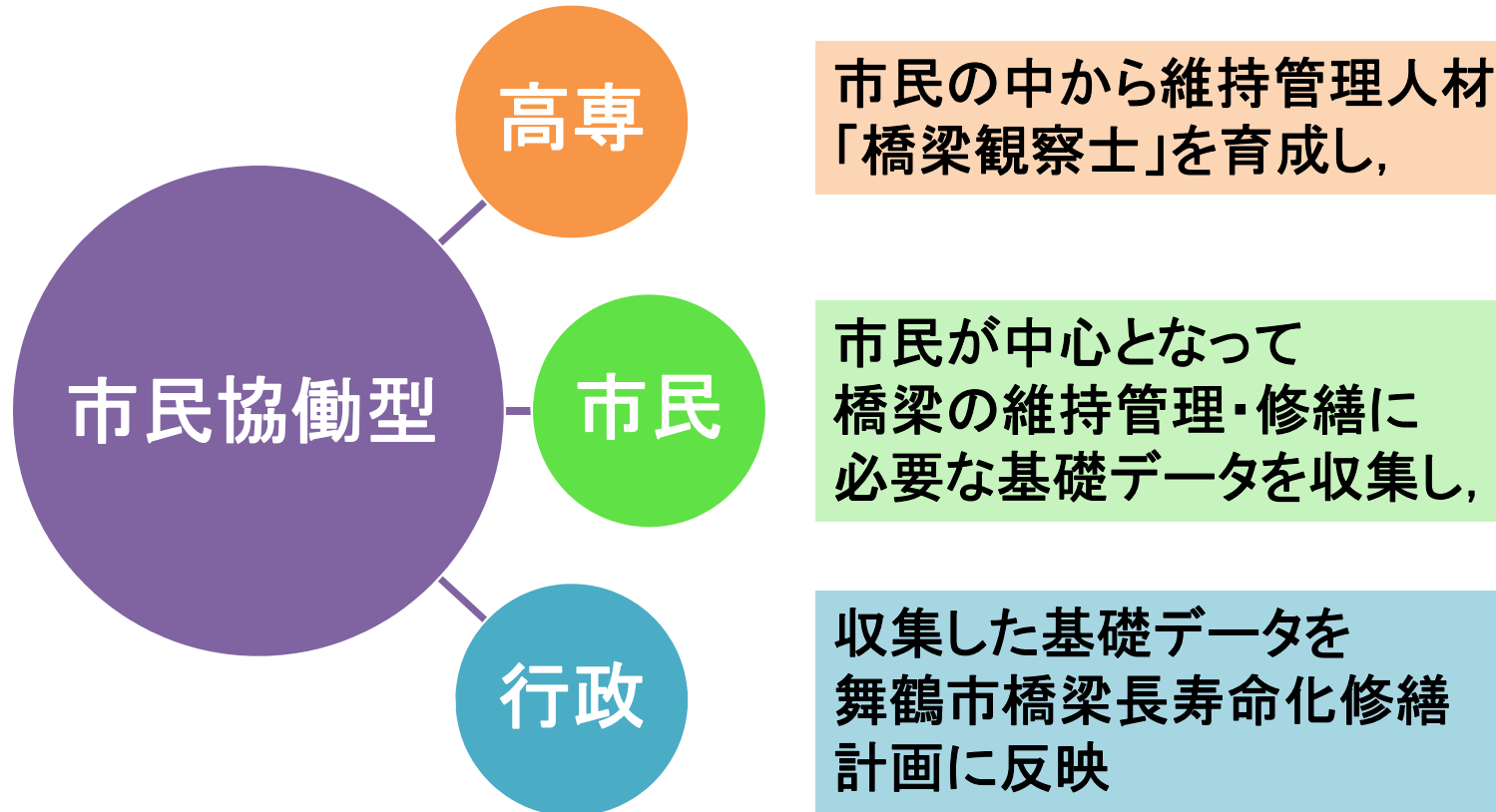
## 舞鶴市との共同研究 『橋梁ストック数削減に向けた取組み』

橋梁ストックのレイティング(階層化)と、小規模、構造が単純、利用者がごく限られてる等の橋梁の今後の維持管理方法(廃橋も含む)について検討

- 規模、構造特性、使用状況等により、維持管理手法の合理化が必要な橋梁を定期的に観察するためのインフラ観察システムの開発
  - システムによる観察を試行、観察データを収集・蓄積
- 『橋梁観察士(仮称)』を育成する市民学習カリキュラムの開発
  - 市民の中から維持管理人材を育成

持続可能なメンテナンスの実現に向けた市民協働型インフラ管理体制を構築

## 市民協働型インフラ管理体制の構築

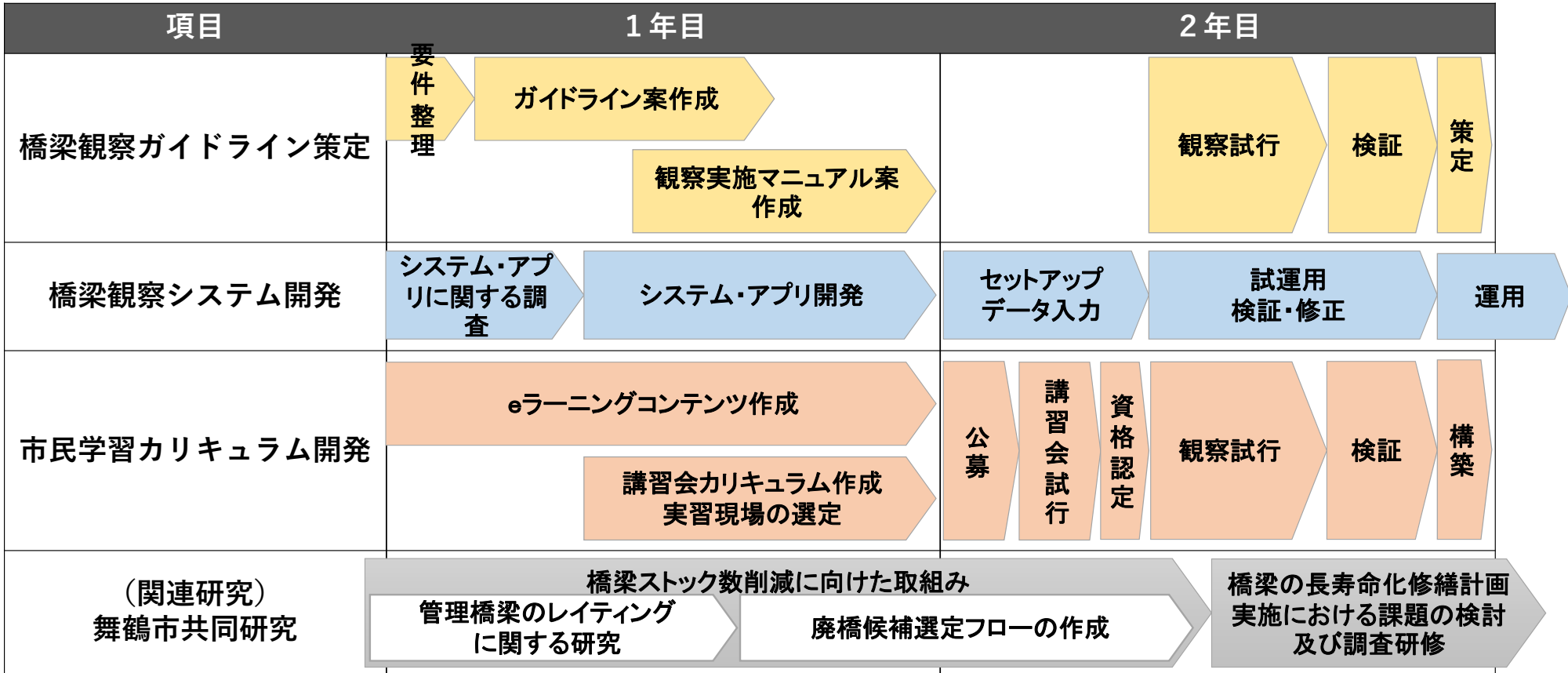


高専・市民・行政が連携して地域の橋梁の健全性・安全性を確保

# 1. 目的

## インフラ観察システムの『観察』とは・・・

小規模、構造が単純、利用者がごく限られている等の橋梁(以降、**観察対象橋梁**)について、現在の状態を把握するとともに、安全性・機能性を確保するために、道路管理者が措置の必要性の判断を行ううえで必要な情報を得るために実施するもの。



## 2. 橋梁観察ガイドラインの策定

- 状態の把握や記録の難易度
- 現場作用の安全性
- 市民が事前トレーニングで修得可能な知識・技術レベル 等

観察対象橋梁の  
選定要件を設定

構造の種別	特性	合理化の方向性	観察対象橋梁の選定要件
溝橋	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ボックスの隅角部が剛結され、上下部構造が一体の小規模なコンクリート構造</li> <li>• 内空が水路等に活用され、第三者への影響が極めて小さい箇所もある</li> <li>• 活荷重や地震の影響による突発的な部材の損傷事例はない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 着目部位を低減可能</li> <li>• 第三者への影響が小さい箇所では内空面の打音・触診を削減可能</li> <li>• 損傷要因を経年劣化に限定できる</li> </ul>	径間数1, 橋長10m未満
RC床版橋	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 版単位で上部構造が成立している構造</li> <li>• 桁橋にある間詰め部がない</li> <li>• 小規模なものが多い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 着目部位を低減可能</li> </ul>	径間数1, 橋長10m未満
H形鋼橋	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 鋼桁は熱感圧延により製造された形鋼</li> <li>• 現場溶接やボルト接合が無いものもある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 着目部位を低減可能</li> <li>• 現場溶接継手がなくき裂のリスクが低いため、確認すべき損傷の項目を低減可能</li> <li>• ボルト継手がないものも多く、確認すべき損傷の項目を低減可能</li> </ul>	径間数1, 橋長10m未満, 現場溶接継手なし ※複雑な構造のものを除く
小規模RC桁橋	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 上部構造の構成部材が少ない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 着目部位の個所数が少ない</li> </ul>	径間数1, 橋長10m未満
簡易構造	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 木, 石, 鋼材を架け渡しただけの簡易な構造</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 着目部位を低減可能</li> </ul>	径間数1, 橋長10m未満

## 2. 橋梁観察ガイドラインの策定

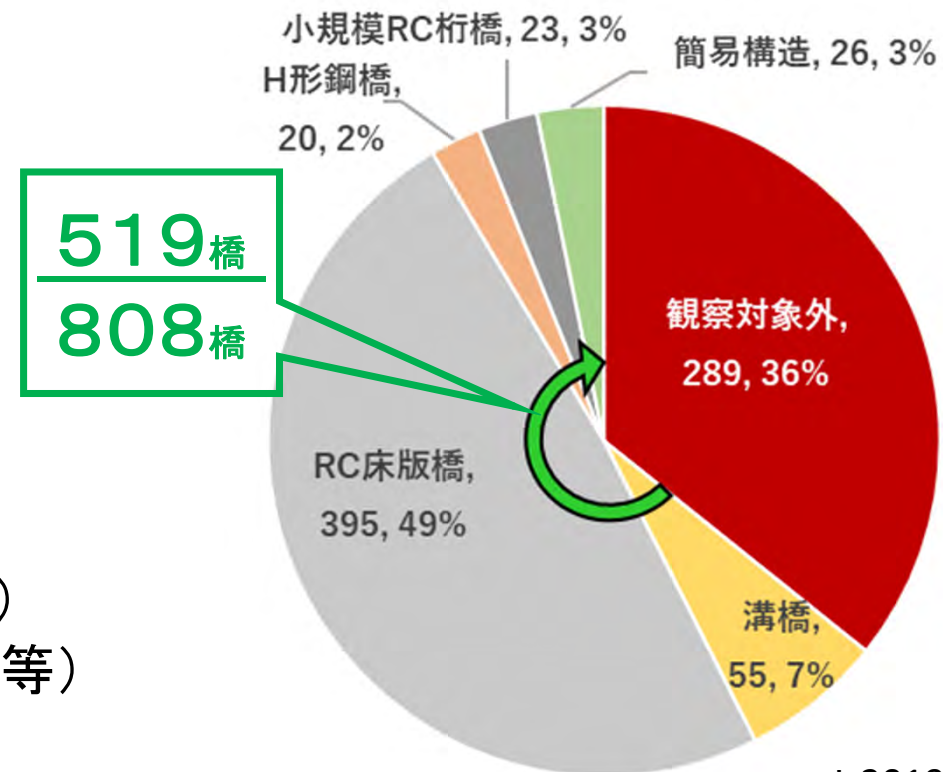
### 【観察対象橋梁】

小規模，構造が単純，利用者が限られている等の橋梁

→市民協働型で橋梁の維持管理・修繕に必要な基礎データを収集

### 観察対象橋梁の選定要件

- 1径間
- 橋長10m未満
- 単純な構造
  - RC床版橋
  - 溝橋 (BOXカルバート)
  - 小規模RC橋
  - H形鋼橋 (現場溶接継手なし)
  - その他簡易構造 (木橋, 石橋等)



\* 2019.3月末時点



## 2. 橋梁観察ガイドラインの策定

- 道路橋定期点検要領の判定区分により、**橋梁毎**、及び、**部材毎の健全性**を記録
- 道路橋定期点検要領の**部位・部材区分と変状の種類**に基づき、**観察結果**を記録
- 橋梁観察のためのオリジナルの損傷判定表を用いて**損傷**を評価・記録

道路橋定期点検要領

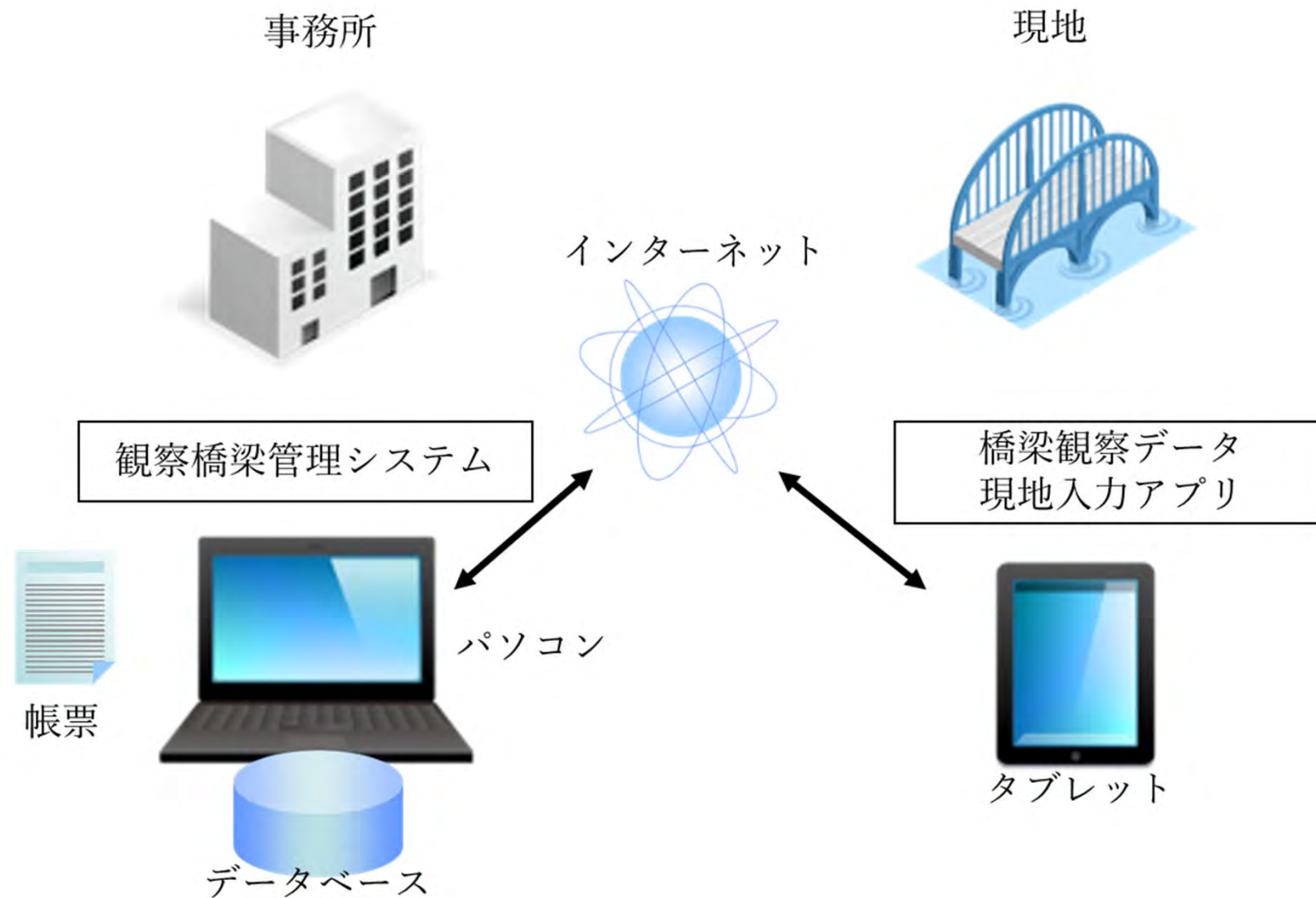
平成31年2月  
国土交通省 道路局

### 損傷判定表(オリジナル)

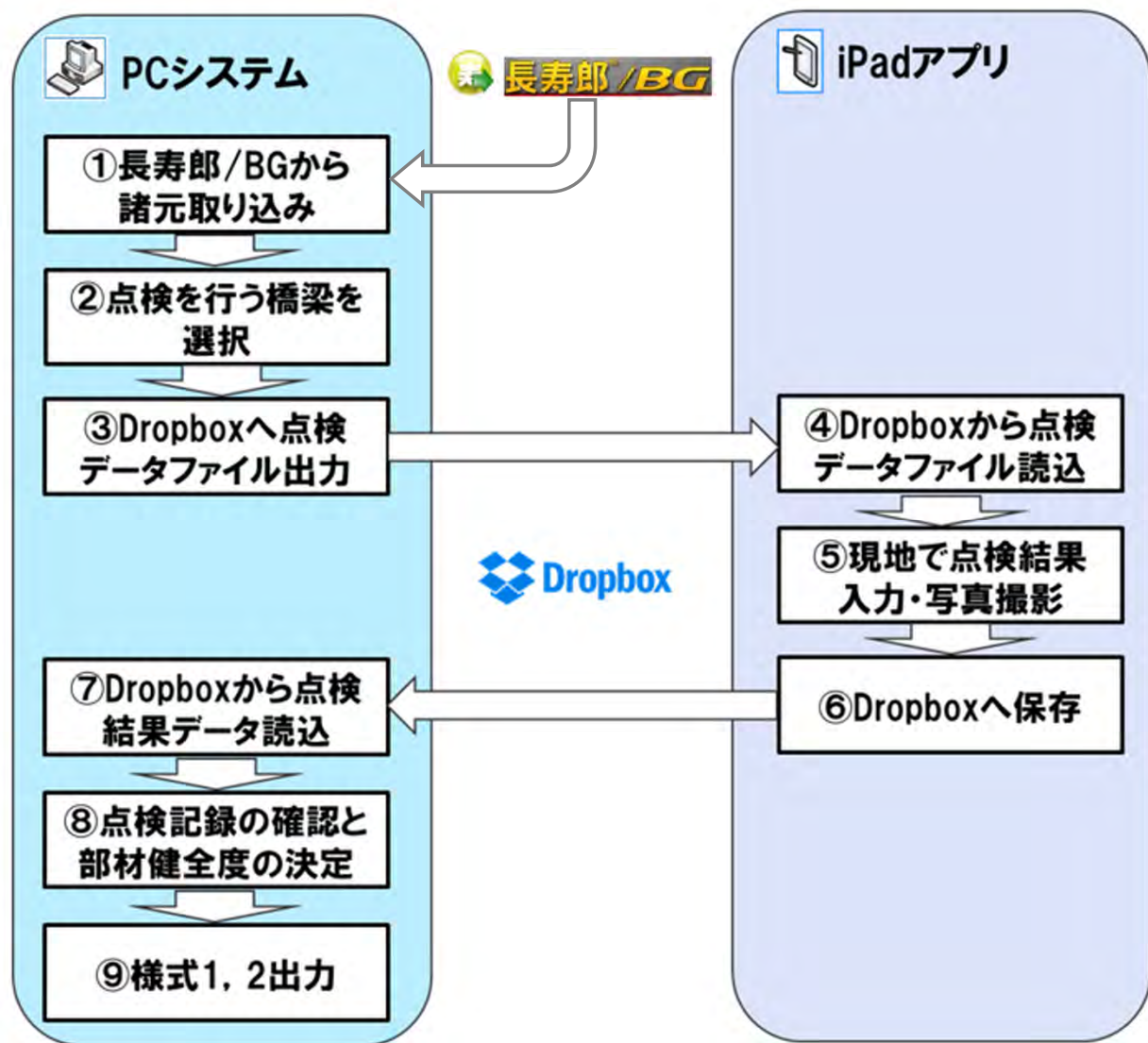
損傷判定表(コンクリート部材)				損傷判定表(鋼部材)									
材料の種類	変状の種類	損傷判定区分	判定の目安	材料の種類	変状の種類	損傷判定区分	判定の目安						
コンクリート部材	ひびわれ	a	・ひびわれなし	鋼部材	腐食	a	・腐食なし						
		b	・ひびわれ幅0.2mm未満で漏水・遊離石灰の有無を問わない ・ひびわれ幅0.2mm以上で漏水・遊離石灰なし			b	・表面のみ(局部的)						
		c	・ひびわれ幅0.2mm以上で漏水や軽微な遊離石灰あり			c	・表面のみ(広範囲)						
		d	・ひびわれ幅0.2mm以上で著しい遊離石灰や錆汁あり			d	・板厚減少、鋼材表面の著しい膨張(局部的)						
e	・ひびわれ幅0.2mm以上で著しい遊離石灰や錆汁あり	e	・板厚減少、鋼材表面の著しい膨張(広範囲)										
コンクリート部材	漏水・遊離石灰(ひびわれ無し)	a	・漏水・遊離石灰なし	鋼部材	亀裂	a	・亀裂なし						
		b	・漏水が生じている			b	・深層割れ程度(長さが短く、錆が出ていない)						
		c	・遊離石灰が生じている			d	・明らかな亀裂を生じている						
		d	・著しい遊離石灰や錆汁あり			d	・亀裂の疑いがある深層割れが生じている(長さが長く、錆が出ている)						
コンクリート部材	うき	a	・うきなし	鋼部材	ボルトの脱落	a	・ボルトの脱落なし						
		b	・局部的			d	・ボルトの脱落がある(本数の多寡によらない)						
		c	・広範囲										
コンクリート部材	鉄筋露出	a	・鉄筋露出なし	鋼部材	破断	a	・破断なし						
		b	・露出鉄筋の表面のみ腐食			d	・破断している(部材がつながっている場合は亀裂)						
		d	・露出鉄筋の断面減少や著しい膨張										
		e	・露出鉄筋の破断										
コンクリート部材	床版ひびわれ	a	・損傷なし ・ひびわれ幅が0.2mm未満(ひびわれ間隔が1.0m程度で、漏水跡・遊離石灰なし)	<b>損傷判定表(その他)</b>									
		b	・ひびわれ幅が0.2mm未満の1方向ひびわれ(ひびわれ間隔が0.5m程度で、漏水跡・遊離石灰なし)	材料の種類	変状の種類	損傷判定区分	判定の目安						
		c	・ひびわれ幅が0.2mm程度の格子状のひびわれ(漏水跡・遊離石灰なし) ・ひびわれ幅が0.2mm程度の1方向ひびわれ(漏水跡・遊離石灰あり)					a	・凹凸や段差なし				
		d	・ひびわれ幅が0.2mm程度の格子状のひびわれ(漏水跡・遊離石灰あり) ・ひびわれ幅が0.2mm以上のひびわれが立つ(部分的な角落ちありで、漏水跡・遊離石灰なし)					b	・20mm程度未満(走行に支障がない程度)の段差がある				
		e	・連続的な角落ちが見られ漏水跡・遊離石灰あり					d	・20mm程度以上(走行に支障があり明らかに分かる程度)の段差がある				
コンクリート部材	床版の抜け落ち	a	・抜け落ちなし	材料の種類	変状の種類	損傷判定区分	判定の目安						
		e	・コンクリート塊の抜け落ちがある					a	・損傷なし				
コンクリート部材	PC定着部の異常	a	・損傷なし					その他	支那の機能障害	損傷判定区分	判定の目安		
		d	・PCケーブル定着部の損傷(程度によらない) ・PCケーブルの損傷									b	・支那の機能が損なわれない程度の損傷がある
その他	下部工の変状	a	・洗濯はない									材料の種類	変状の種類
		b	・軽微な洗濯がある	a	・排水ますに土砂詰まりなし								
		c	・著しく洗濯されているが、沈下・移動・傾斜のいずれもない	c	・排水ますに土砂詰まりあり								
		d	・著しく洗濯されているが、沈下・移動・傾斜のいずれかがある										
		e	・沈下・移動・傾斜のいずれかがある										
その他	排水ますの土砂詰まり	a	・排水ますに土砂詰まりなし	材料の種類	変状の種類	損傷判定区分	判定の目安						
		c	・排水ますに土砂詰まりあり										



### 3. 橋梁観察システムの開発



### 3. 橋梁観察システムの開発



#### PCシステム

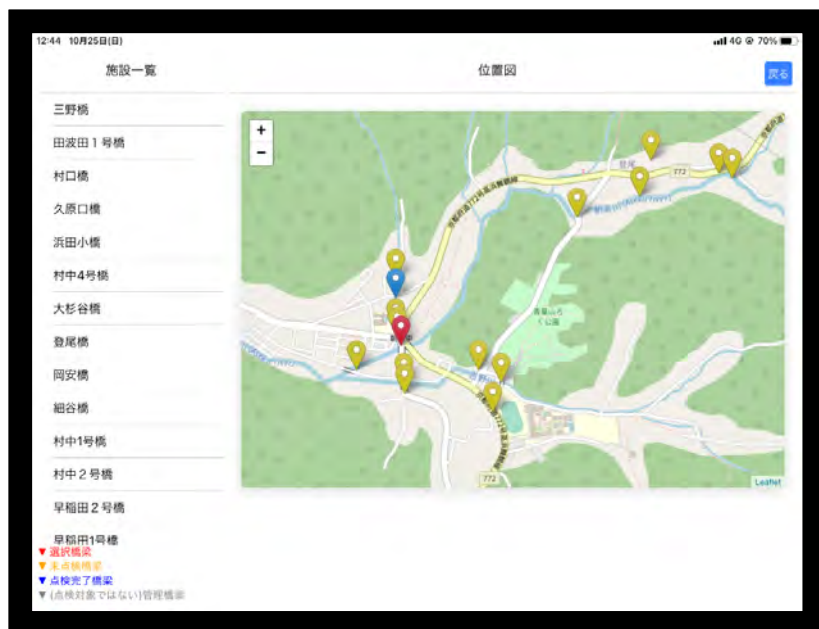
No.	選択	径間情報	点検履歴	橋梁コード	橋梁番号	橋梁名	橋梁形式	径間数	橋長	最終点検日
1	<input type="checkbox"/>	表示	表示	22606241	0110	宮前橋		1	5.5	2017/11/28
2	<input type="checkbox"/>	表示	表示	22606241	0121	雲田橋		1	3.5	2017/11/28
3	<input type="checkbox"/>	表示	表示	22606250	0120	観音寺一筋橋		1	2.5	2017/11/28
4	<input type="checkbox"/>	表示	表示	22606257	0130	西山口橋		1	6.5	2017/12/28
5	<input type="checkbox"/>	表示	表示	22606261	0204	大谷橋		1	5	2017/12/07
6	<input type="checkbox"/>	表示	表示	22606265	0205	伊ナル橋		1	9.1	2017/12/04
7	<input checked="" type="checkbox"/>	表示	表示	22606266	0206	伊ノ橋		1	2.6	2017/12/04
8	<input type="checkbox"/>	表示	表示	22606267	0207	宮ノ新小橋		2	2.9	2017/12/06
9	<input type="checkbox"/>	表示	表示	22606266	0208	寺ノ奥橋		1	7	2017/12/23
10	<input type="checkbox"/>	表示	表示	22606276	0210	越根橋		1	2.92	2017/12/07
11	<input type="checkbox"/>	表示	表示	22606277	0231	宮ノ新橋		1	3.1	2017/12/11
12	<input type="checkbox"/>	表示	表示	22606286	0232	大谷小橋		1	3.4	2017/12/11
13	<input type="checkbox"/>	表示	表示	22606294	0242	里道橋		1	4.3	2017/12/05
14	<input type="checkbox"/>	表示	表示	22606296	0245	三浜小橋		1	5.8	2017/12/05
15	<input type="checkbox"/>	表示	表示	22606300	0249	瀬音橋		1	3.7	2017/12/05
16	<input type="checkbox"/>	表示	表示	22606304	0254	瀬ノ下橋		1	9	2017/12/05
17	<input type="checkbox"/>	表示	表示	22606305	0255	千歳村中橋		1	2.9	2017/12/06
18	<input type="checkbox"/>	表示	表示	22606309	0256	千歳村中2号橋		1	2.9	2017/12/06
19	<input type="checkbox"/>	表示	表示	22606312	0265	三野橋		1	3.1	2017/12/01
20	<input type="checkbox"/>	表示	表示	22606314	1770	村中1号橋		1	4.7	2017/11/21
21	<input type="checkbox"/>	表示	表示	22606320	0312	田邊町1号橋		1	3.3	2017/12/01

#### iPadアプリ



### 3. 橋梁観察システムの開発

#### ● 位置図画面(橋梁位置を表示)



#### ➤ GPS情報より橋梁位置をマッピング

- 地図のベースとしてOpenStreetMapを選定
- 地図の表示・操作のためのライブラリとしてLeafletを使用

#### ➤ 観察対象橋梁の位置を確認

#### ➤ 移動ルートや観察スケジュールを検討

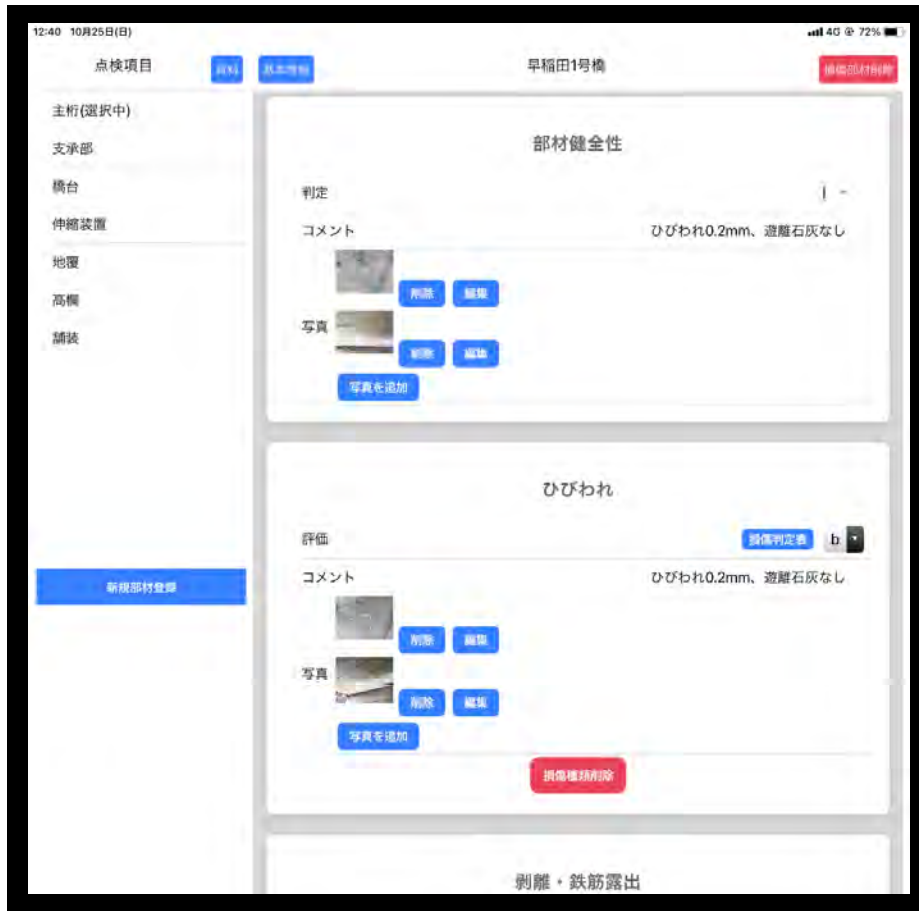
#### ● 基本情報画面(橋梁諸元の表示)



### 3. 橋梁観察システムの開発

#### ● 点検画面

- 部位・部材登録, 判定結果入力
- 損傷種類登録, 写真撮影, 評価入力



#### ● 結果一覧画面

- 点検画面での入力情報を一覧表示
- 橋毎の健全性の判定を入力





## 4. 市民学習カリキュラムの開発と実証・検証

市民の中から維持管理人材「橋梁観察士」を育成

➡ 橋梁観察士養成市民講座

- 観察対象橋梁の約9割がコンクリート橋
- 最も多い構造種別はコンクリート床版橋  
(観察対象橋梁の約3/4)

コンクリート構造物に重点化

### 市民講座の学修内容

### 受講者の到達目標

橋の老朽化の現状と課題

橋の老朽化対策の必要性を知っている。

橋に関する基礎知識

橋に関心を持っている。

コンクリート構造物の損傷に関する知識

橋梁の健全性・安全性に影響を与える変状を見逃さない。

観察対象橋梁の点検に必要な知識及び技能

安全かつ確実に橋梁点検を実施できる。

橋梁観察システム(iPadアプリ)の使い方  
現場橋梁での橋梁観察実習

橋梁観察システムを使って、橋梁の維持管理・修繕に必要な基礎データを収集できる。

## 4. 市民学習カリキュラムの開発と実証・検証

限	時間	(分)	講座名	内容	日
-	9:30-10:00	(30)	ガイダンス	到達目標, スケジュール, 受講者交流 橋梁の管理状況と課題, アセットマネジメント	1 日 目
1	10:00-10:30	(30)	橋について	橋の分類, 橋の名称, 上部構造, 下部構造	
2	10:40-12:20	(100)	コンクリート構造物の損傷	コンクリート構造物の変状と原因, 損傷探索実習 上部工・下部工・支承・舗装・附属物等の実物見学・解説	
3	13:20-14:00	(40)	道路橋の点検	道路橋定期点検要領 点検の着目点 (コンクリート橋)	
4	14:00-14:50	(50)	道路橋の点検 (実践編)	橋梁点検現場での安全管理と点検作業 点検装備と使い方 (テストハンマー, クラックスケール等)	
5	15:00-16:00	(60)	橋梁観察システム	観察対象橋梁 橋梁観察システム (iPadアプリ) の操作方法	
6	16:10-16:30	(20)	まとめ (1日目)	質疑応答, アンケート, 次回ガイダンス	2 日 目
-	9:30-10:30	(60)	橋梁観察実習ガイダンス	実習橋梁諸元, スケジュール, 現場実習準備 (装備, 資料等)	
7	11:00-12:00	(60)	橋梁観察方法	橋梁現場での説明 橋梁観察システムの操作	
8	13:00-15:00	(120)	橋梁観察試行	観察対象橋梁 (朝来地区) 2橋	
9	15:30-16:00	(30)	橋梁観察結果とりまとめ	健全性の判定と損傷判定の確認, 様式1・様式2の出力	
10	16:00-16:20	(20)	まとめ (2日目)	質疑応答, アンケート	
-	16:20-16:30	(10)	修了式	修了証授与	



# 4. 市民学習カリキュラムの開発と実証・検証

【(一財)日本建設情報総合センター研究助成】

## 橋梁観察士養成市民講座

地域の橋梁の健全性と安全性を見守る人材  
“橋梁観察士”を養成します。

市民協働型インフラ観察システムとは、  
地域の官(行政)・民(市民)・学(高专)が協働し、  
地域のインフラを維持管理する仕組みです。

高专:市民の中から維持管理人材「橋梁観察士」を育成  
市民:橋梁維持・管理や修繕に必要な基礎データを収集  
行政:収集基礎データを橋梁長寿命化修繕計画に反映



開催日(2日間コース)

令和2年 **8/10** 及び **8/16**  
(月・祝日) (日)

カリキュラム

日時	講座内容	場所
8月10日 (1日目) 9:30~ 16:30	ガイダンス(橋の老朽化) 橋について(種類, 名称) コンクリート建造物の損傷 橋の点検について 橋梁観察システム(iPadアプリ) の使い方	舞鶴工業高等専門学校 社会基盤メンテナンス 教育センター(iMec)
8月16日 (2日目) 9:30~ 16:30	橋梁観察システム(iPadアプリ) を使った現場実習	iMec及び 舞鶴市内(朝来地区) 橋梁現場

参加に当たってのお知らせとお願い

- 参加費は無料です。現場での実習を行うため保険に加入します。
- 作業ができる服装・履物(現場実習時は長靴)でご参加ください。
- 感染防止対策として、講習会場では消毒、換気等を実施し、参加者の皆様は手洗い・マスク着用等へご協力ください。
- 暑さ対策(水分補給, 保冷グッズ等)をお願いします。
- テキストと実習に必要な装備・備品は会場にご用意します。

《参加者》  
舞鶴市民  
(計10名)



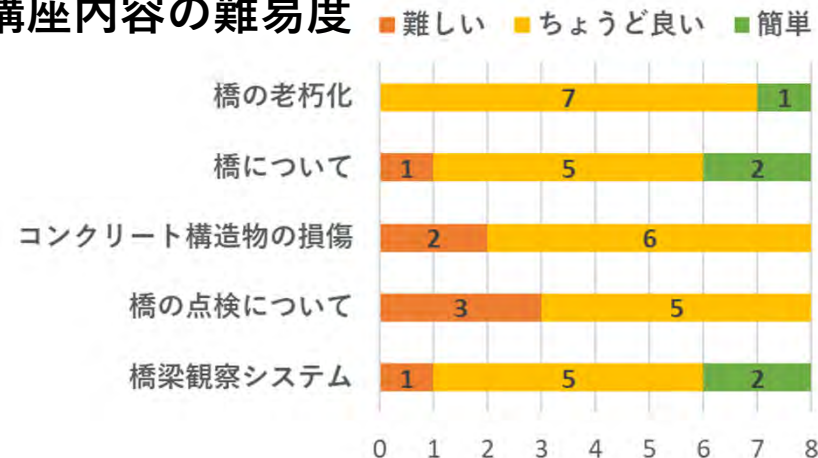


## 4. 市民学習カリキュラムの開発と実証・検証

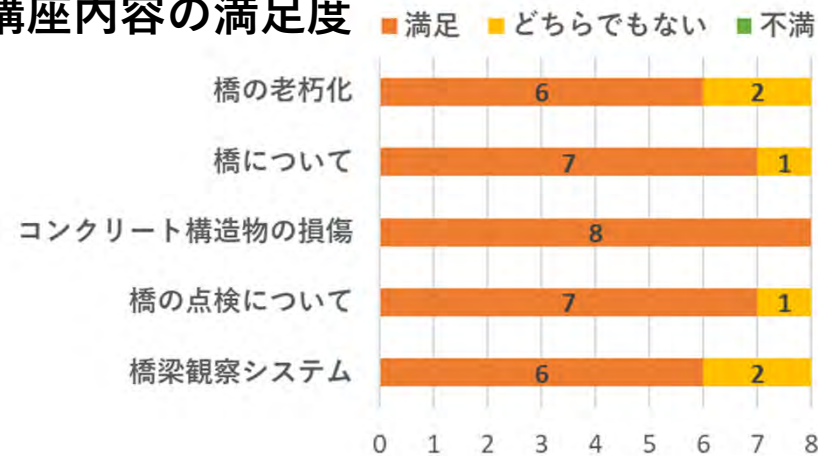
### 【市民講座1日目】 受講者アンケート結果

日時	令和2年8月10日 9:30～16:30	
講座内容	ガイダンス(橋の老朽化) 橋について(種類, 名称) コンクリート建造物の損傷 橋の点検について 橋梁観察システム(iPadアプリ)の使い方	基礎的な 知識・技能 の学修

#### 講座内容の難易度



#### 講座内容の満足度



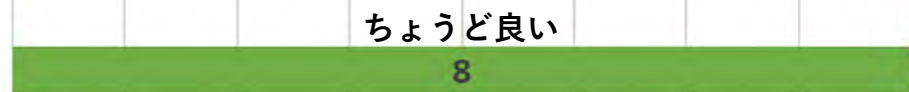
#### 満足度



#### レベル



#### ボリューム



#### 分かりやすさ



➤ 受講者評価は高く、市民学習向け教育コンテンツの妥当性が確認された

## 4. 市民学習カリキュラムの開発と実証・検証

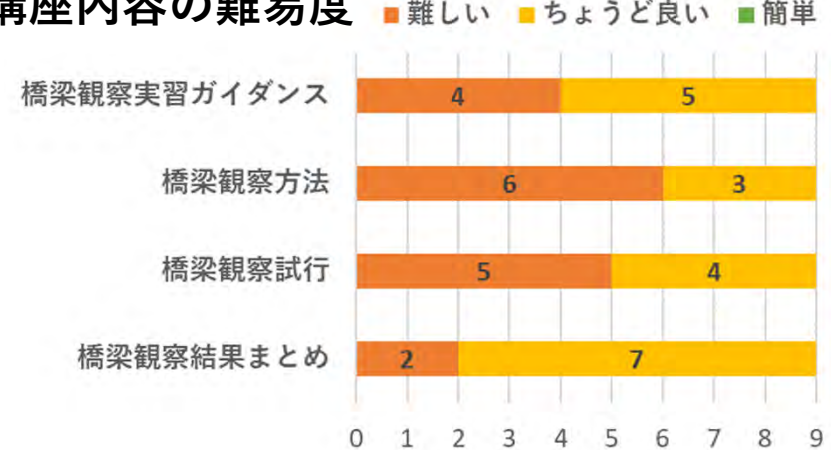
### 【市民講座2日目】 受講者アンケート結果

日時	令和2年8月16日 9:30~16:30
講座内容	橋梁観察システム(iPadアプリ)を使った 現場実習@舞鶴市内(朝来地区)橋梁

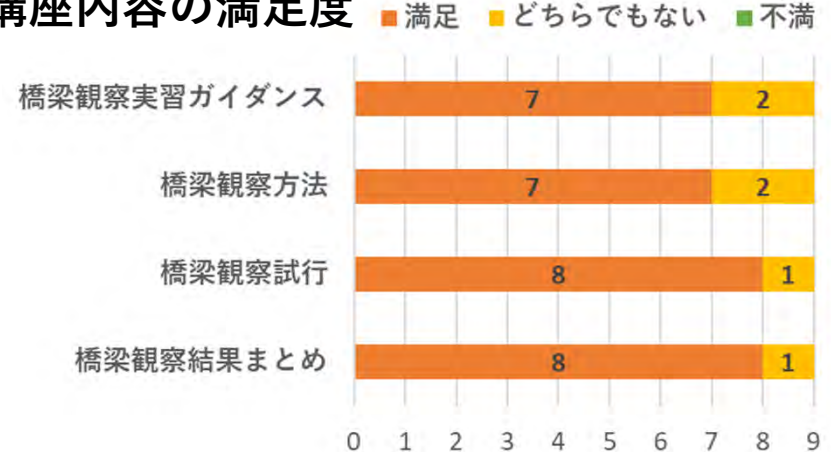


- 撮影した写真を移動・使いまわしできるとよい
- コメントを手書きしたい
- 時々フリーズしたが、使い方は簡単だった
- 最後の一覧にして表示されるのは分かりやすい

### 講座内容の難易度



### 講座内容の満足度



➤ 現場での実用性が確認された

## 5. 市民学習カリキュラムの開発と実証・検証

## 【市民講座の効果】

- 橋への関心 
- 橋の劣化や点検に関する知識 
- 橋の老朽化対策の必要性への認識 
- iPadアプリを使った橋梁観察の技術 

## 【橋梁観察結果の検証】

部材・部位の登録	全ての受講者が必要な部位・部材を正確に登録できた
変状の種類登録	各部位・部材に応じた変状の種類を適宜登録できた

➤ 部材・部位と変状の種類を事前登録したことで、現場作業が円滑になり精度も向上

全景写真の撮影	全ての受講者が橋面，側面，桁下面の写真撮影できた
損傷写真の撮影	全ての受講者が部位・部材の損傷状況がわかる写真が撮影できた
損傷の評価	現地で評価を入力(一部も含む)した受講者は2名のみ
部材の健全性の判定	現地で判定を入力(一部も含む)した受講者は2名のみ
橋毎の健全性の判定	I判定とII判定に分かれた

- 全景写真，損傷写真とも，全ての受講者が適切に撮影できた
- 一方，損傷の評価，部材の健全性の判定，橋毎の健全性の判定には習熟を要する

## 6. まとめ

- 舞鶴市管理橋梁のポートフォリオ分析を行い、観察対象橋梁519橋を選定した。
- 橋梁観察のためのガイドラインを策定した。
- 観察対象橋梁の構造特性から、市民学習カリキュラム内容をコンクリート構造物に重点化した。
- 『橋梁観察士養成市民講座』のためのeラーニングコンテンツを作成した。
- 開発した市民学習カリキュラムによる実証講座『橋梁観察士養成市民講座』において、教育コンテンツの妥当性が確認された。また、市民から10名の橋梁観察士を養成した。
- 橋梁観察システム(iPadアプリ)を用いた現場実習において、実用性が確認された。
- 橋梁点検に関する事前講習を受講し、支援ツール(iPadアプリ)を使用することで、一般市民であっても状態の把握に必要な写真を撮影できる。一方、損傷の評価や健全性判定については、一定の習熟が必要である。
- 市民講座のアンケート結果から、橋梁メンテナンスに対する啓蒙効果が確認された。

### <今後の展開>

- 『橋梁観察士養成講座』の教育コンテンツ(eラーニング, 講習会)の更なる改良
- 高専・市民・行政が連携した市民協働型橋梁管理体制を舞鶴市へ実装(試行中)
- 開発した橋梁観察システムの舞鶴市職員による橋梁自主点検へ活用(来年度実施予定)
- 舞鶴市でグッドプラクティスを構築し、開発した橋梁観察システムを周辺市町へ展開



# ご清聴いただきありがとうございました

## — 謝辞 —

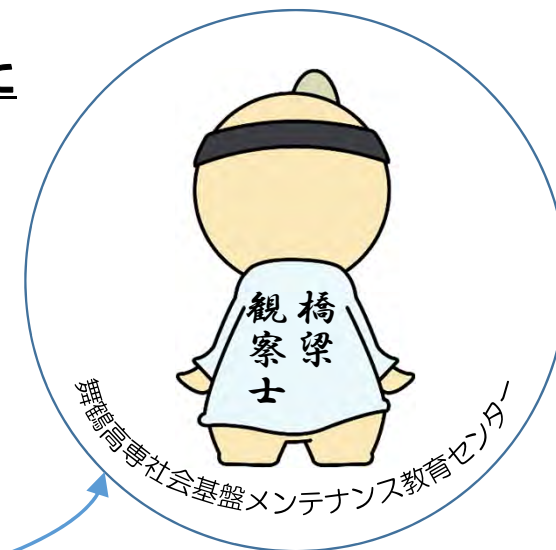
- (一財)日本建設情報総合センターからの研究助成により、本研究成果を得ることができました。
- 舞鶴市には、本校との共同研究、管理橋梁データの提供、及び、実証講座フィールドの提供において、ご助力いただきました。
- 舞鶴市民の皆様には、猛暑の中『橋梁観察士養成講座』に参加いただきました。
- 橋梁観察システムの開発は、JIPテクノサイエンス株式会社の技術協力を得て実施しました。

## 市民協働型インフラ管理体制の構築に向けた 橋梁観察システムの開発と社会実装

舞鶴工業高等専門学校

社会基盤メンテナンス教育センター 嶋田知子

建設システム工学科 玉田和也



『橋梁観察士』認定バッジ