

～第12回 新都市社会技術セミナー(主催:新都市社会技術融合創造研究会)～

# 橋面より実施する簡易な橋梁点検システムに関する研究

プロジェクトリーダー 磯雅人(福井大学大学院 工学研究科 准教授)

日時:2015年9月15日(火)

13:30-18:00

発表時間:16:20-16:40(説明20分)

場所:大阪合同庁舎1号館

第一別館2階大会議室



## 橋梁点検カメラシステム

「**見る(みる)診る(みる)**」

のビデオ説明(5分)



**操作ユニット**

- ・車道規制不要
- ・橋面上より遠隔操作
- ・危険な高所作業回避

操作ユニット内部

映像確認モニター

遠隔操作ボックス

高欄高  $h=1.5\text{m}$ 程度

システム占有幅  $W=1.0\text{m}$

作業スペース  $W=1.5\text{m}$

水平ロード継ぎ足し時の一時的な最大張出幅  $W=1.7\text{m}$

$h=0.7\text{m}$



## 橋梁点検カメラシステム「見る（みる）診る（みる）」の概要

<b>使用機械名</b>	橋梁点検カメラシステム見る（みる）診る（みる）		
<b>NETIS 登録番号</b>	KK-110063-A		
<b>システムの概要図</b>	<p>The diagram illustrates the system's components: a vertical lead rod (鉛直ロッド) of 9.2m, a horizontal arm (水平アーム) of 7.2m, and a camera unit (カメラユニット) with a height of 0.3~1.5m. The camera unit includes a point inspection camera (点検カメラ) and a self-propelled trolley (自走式台車). The operation unit (操作ユニット) is mounted on a rubber crawler carrier (ゴムクローラキャリア) with a width of 0.95m. Two photographs provide a real-world view: the left one shows the entire system on a bridge, and the right one shows the operation unit with a worker, highlighting the 0.95m width and 7.2m horizontal arm.</p>		
<b>諸元</b>	<b>操作ユニット</b>	<b>形式</b>	ゴムクローラキャリア
		台車形状（幅×長）	0.95m×2.57m
	<b>カメラユニット</b>	走行台車	自走式（鉛直・水平 360° 旋回）
		ビデオ画質（静止画素数）	HD画像（2,090万画素）
		ズーム機能	12倍（光学）
	<b>アームユニット</b>	水平アーム	7.2m
鉛直ロッド		2.0m~10.7m（多段伸縮式）	

## ■背景■

平成26年度6月：橋梁定期点検要領（国土交通省）→10年ぶりに改定



橋梁のすべての部材について、5年おきに  
肉眼による「近接目視」点検を行うことを基本

### <期待される効果>

- ・橋梁の構造安全性が、より向上
- ・損傷の早期発見。事後保全から予防保全へ転換。  
————→ 維持管理コストの縮減。橋梁の長寿命化。
- ・第三者被害の防止                      などが期待される。

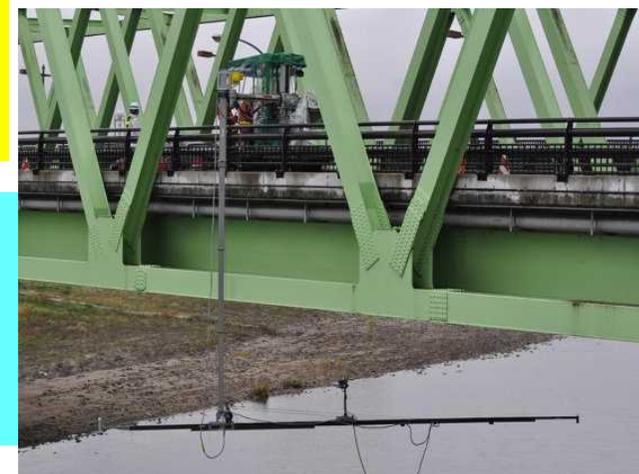


### <問題点>

- ・点検実務者の慢性的な人材不足
- ・点検機材の不足
- ・財政的な制約                      など

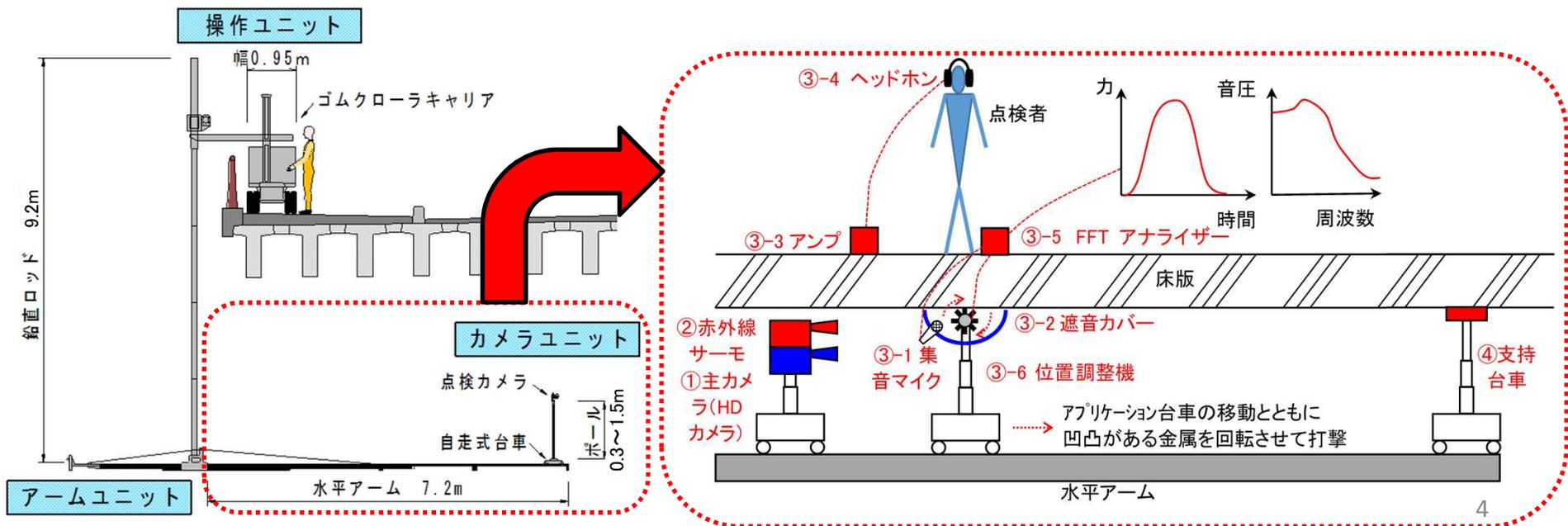
### <対策案>

点検作業を機械化・ロボット化し  
点検作業をサポートする技術を開発



## ■ 本研究開発の全体の方針 ■

- ① 床版のひび割れ図をおこす作業を「見る診る」の画像データから、床版のひび割れ図をおこす技術を開発
- ② 被りコンクリートの浮き・剥離を、打音検査ならびに赤外線調査を併用して判定する手法を開発





# ①研究開発の全体方針の作成

## ■実施時期及び調査対象者■

表 1 調査実施日時と対象者

回数	日時	管理者	対象者	人数
第1回目	平成27年2月4日	国（近畿地方整備局）	点検実務者	14
第2回目	平成27年2月17日	市町村（岐阜県）	管理者	22



近畿地方整備局アンケート実施写真  
(近畿技術事務所)



市町村アンケート実施写真(岐阜県美濃市)

# ①研究開発の全体方針の作成

表2 アンケート調査の質問内容(1/2)

(1) 点検方法に関する質問	
Q1	点検作業で橋梁点検車が使用出来ない橋梁はありますか。
Q2	それはどのような橋種または現場条件ですか。
Q3	橋梁点検車が利用できない場合どのような方法で点検を行っていますか。
★ Q4	ロボットを使用して橋面上から桁下を点検する行為について何か感じましたか。
Q5	ロボットを使用しての点検手法は現場で活用できそうですか。
Q6	ロボットが活用できないと感じられた方は、どのような点が問題でしょうか。
(2) 近接目視に関する質問	
★ Q7	肉眼による近接目視が困難な状況はありますか。
★ Q8	それはどのような状況ですか。
★ Q9*	添架物に隠れている部分の点検はどのようにされていますか。
Q10*	桁端部の点検はどのようにされていますか。
Q11*	上向き状態での点検姿勢は辛くないですか。
Q12*	主桁の高さが高い橋梁の点検はどのようにされていますか。
Q13	近接目視と遠望目視を判別する何か基準のようなものはありますか。
Q14	近接撮影したビデオカメラ映像による間接的な近接目視点検をどのように感じられましたか
Q15	ビデオカメラの画像と肉眼でみた状態とを比べてどのように感じましたか。
Q16	ビデオカメラの視野の広さと、肉眼での視野の広さを比べてどのように感じましたか。
Q17	ハイビジョン映像による点検画像の鮮明度、見やすさ、大きさをどのように感じられましたか

## ①研究開発の全体方針の作成

表2 アンケート調査の質問内容(2/2)

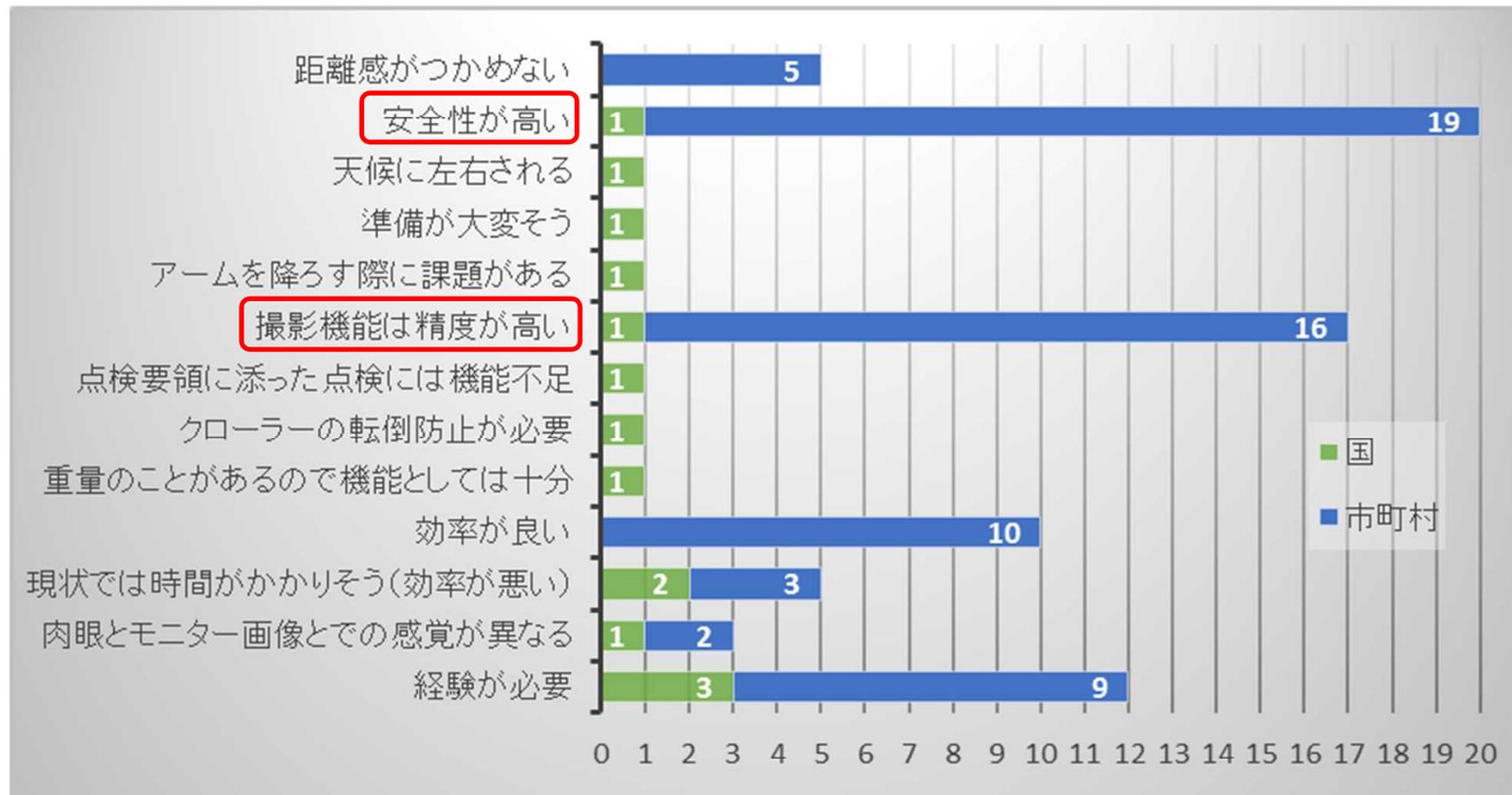
(3) 点検データの取得方法に関する質問	
★ Q18*	手の届かない所のひび割れの計測はどの様にされていますか。
★ Q19*	手の届かない所の打音調査はどの様にされていますか
Q20	点検結果を写真と動画で記録する事についてどの様に感じられましたか。
★ Q21*	損傷図はどの様に作成されていますか。
(4) 点検の補完技術に関する質問	
★ Q22	点検ロボットにさらに追加すると良いと思われる機能はありませんか。
(5) その他聞き取り調査	

※印の質問は、点検実務者向けの内容のため第2回目の道路管理者に対するアンケートでは除外した。

(1) 点検方法に関する質問

Q4

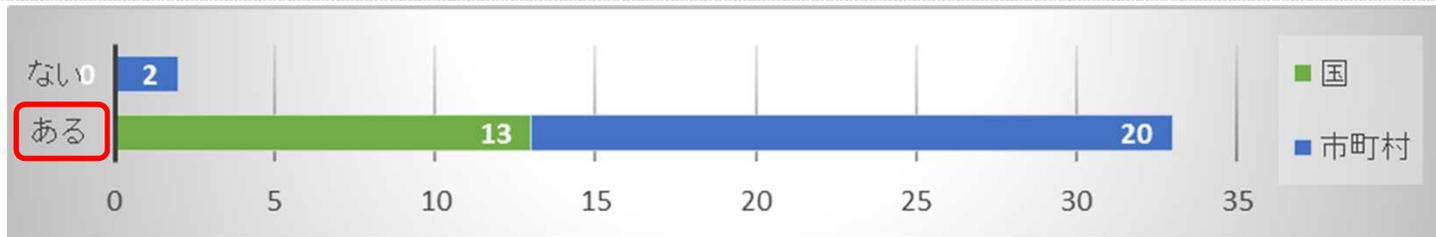
ロボットを使用して橋面上から桁下を点検する行為について何か感じましたか。



結果分析：国の点検実務者は機械操作への不慣れによる作業効率の低下を心配する回答が多く寄せられた。その一方で道路管理者は、橋面上からの作業であり安全面での高評価と、HDカメラの高画質画像による撮影精度への評価が多く寄せられた。

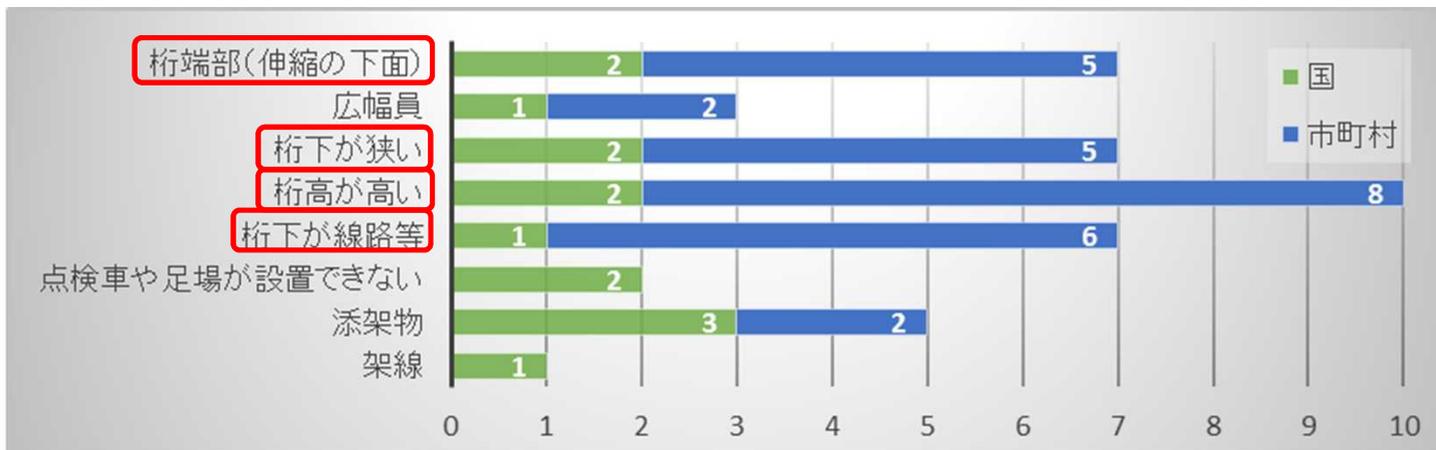
(2) 近接目視に関する質問

Q7 肉眼による近接目視が困難な状況はありますか。



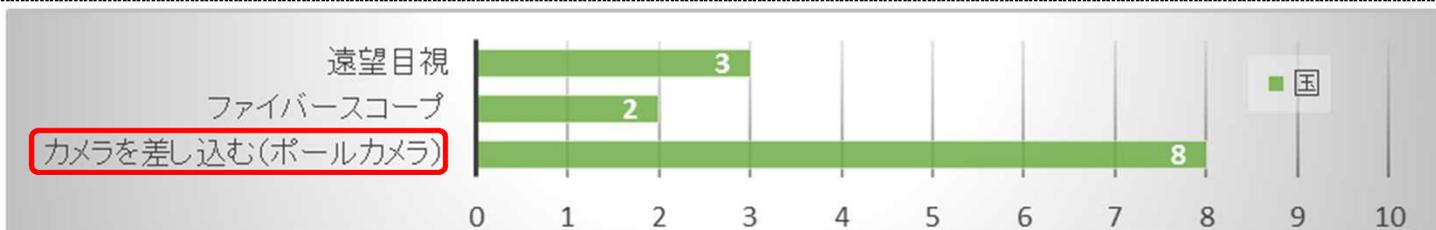
結果分析：桁下に点検員が下りた場合でも近接目視が困難となる状況が非常に多い。

Q8 それほどの様な状況ですか。



結果分析：狭い空間（桁端部や添架物の背後）や桁高が高くて近づけない場合が多い。

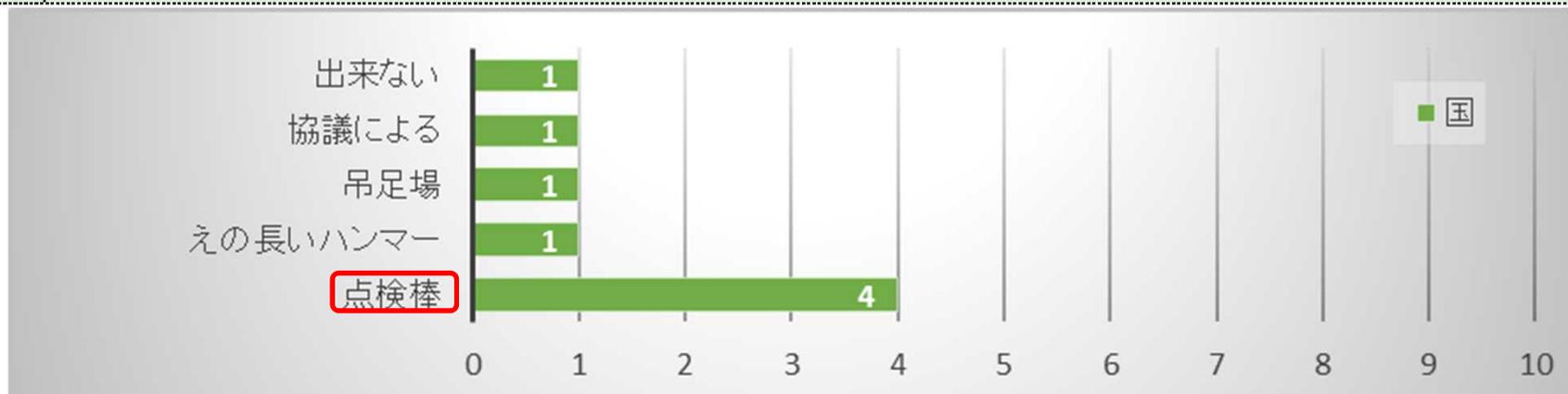
Q9 添架物に隠れている部分の点検はどのようにされていますか。



結果分析：狭い空間の点検はカメラによる近接撮影で点検を実施している。

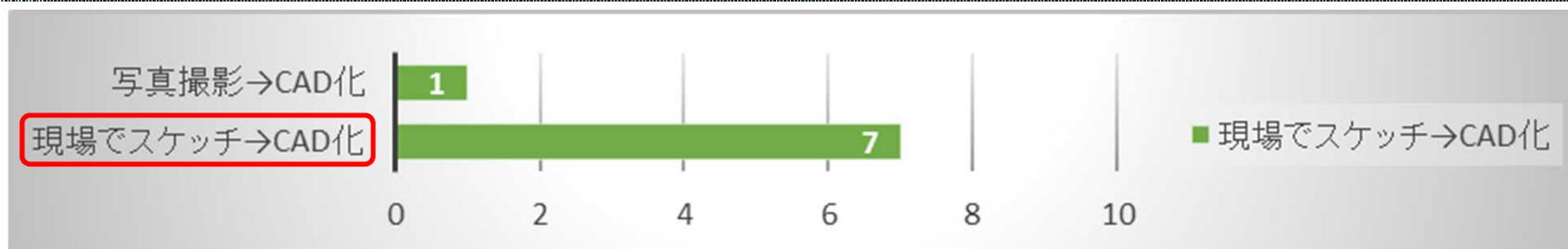
### (3) 点検データの取得方法に関する質問

Q19 手の届かない所の打音調査はどの様にされていますか



結果分析：壁面の打診調査に使用される点検棒を使つての打診が多い。

Q21 損傷図はどの様に作成されていますか。

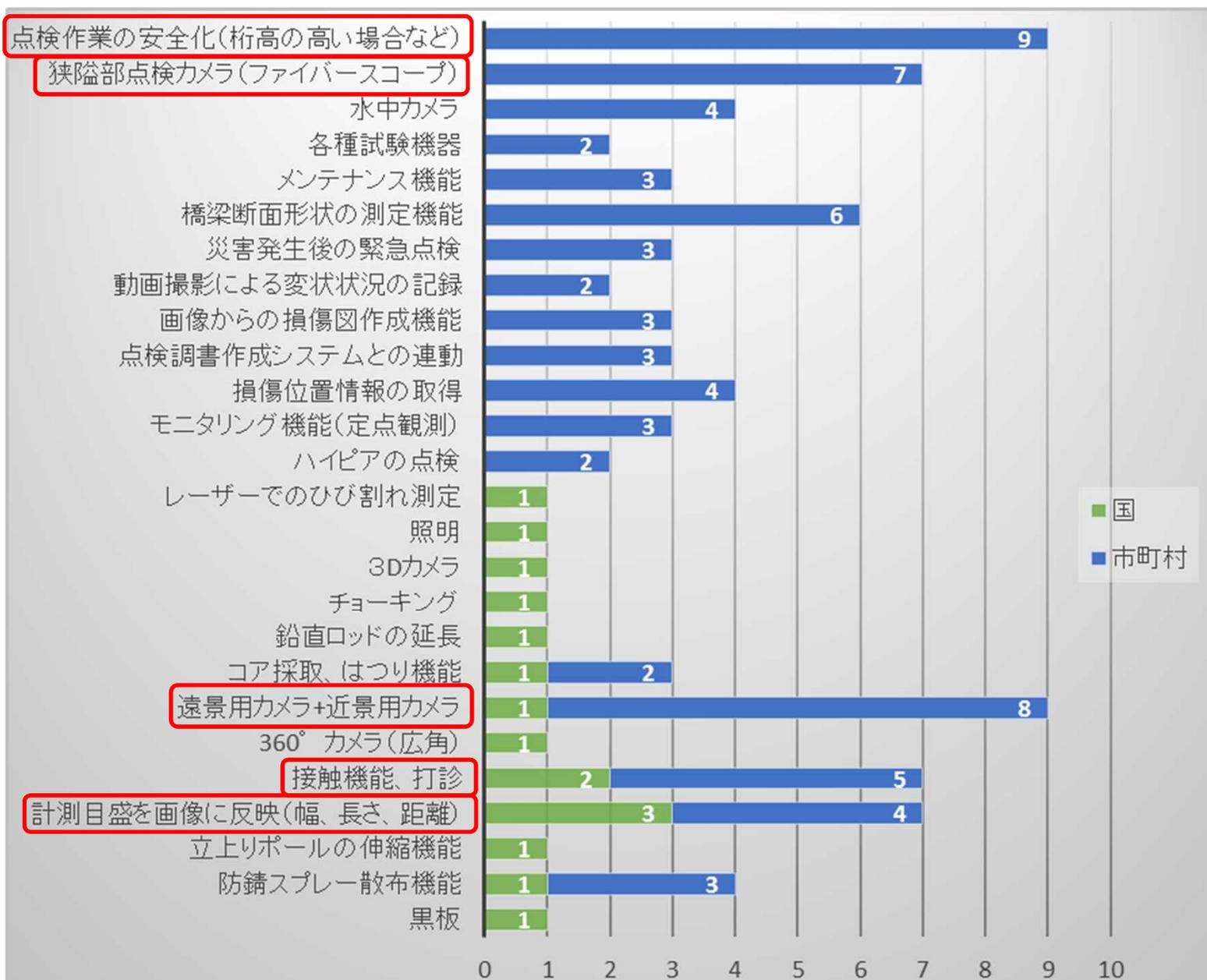


結果分析：現場でのスケッチ作業が多い。写真撮影からのCAD化が少ないのは、位置の特定や内業作業の負担が大きい事が要因と考えられる。現場でのスケッチ時の位置の測定や記入忘れなどで正確性を欠く可能性もある。

#### (4) 点検の補完技術に関する質問

Q22

点検ロボットにさらに追加すると良いと思われる機能はありませんか。



## ■アンケート調査結果のまとめ■

### (1)点検方法に関する質問のまとめ

機械化・ロボット化による点検作業の安全性の向上を期待する声が多く寄せられた。

### (2)近接目視に関する質問のまとめ

点検精度の向上と安全性の確保を目指し、HDカメラによる近接目視が困難な箇所の目視補完技術の開発が必要である。

### (3)点検データの取得方法に関する質問のまとめ

目視点検の補完として接触調査が行われており接触調査の機械化の開発が重要である。点検結果記録のデジタル処理による作業負担の軽減の技術開発が必要。

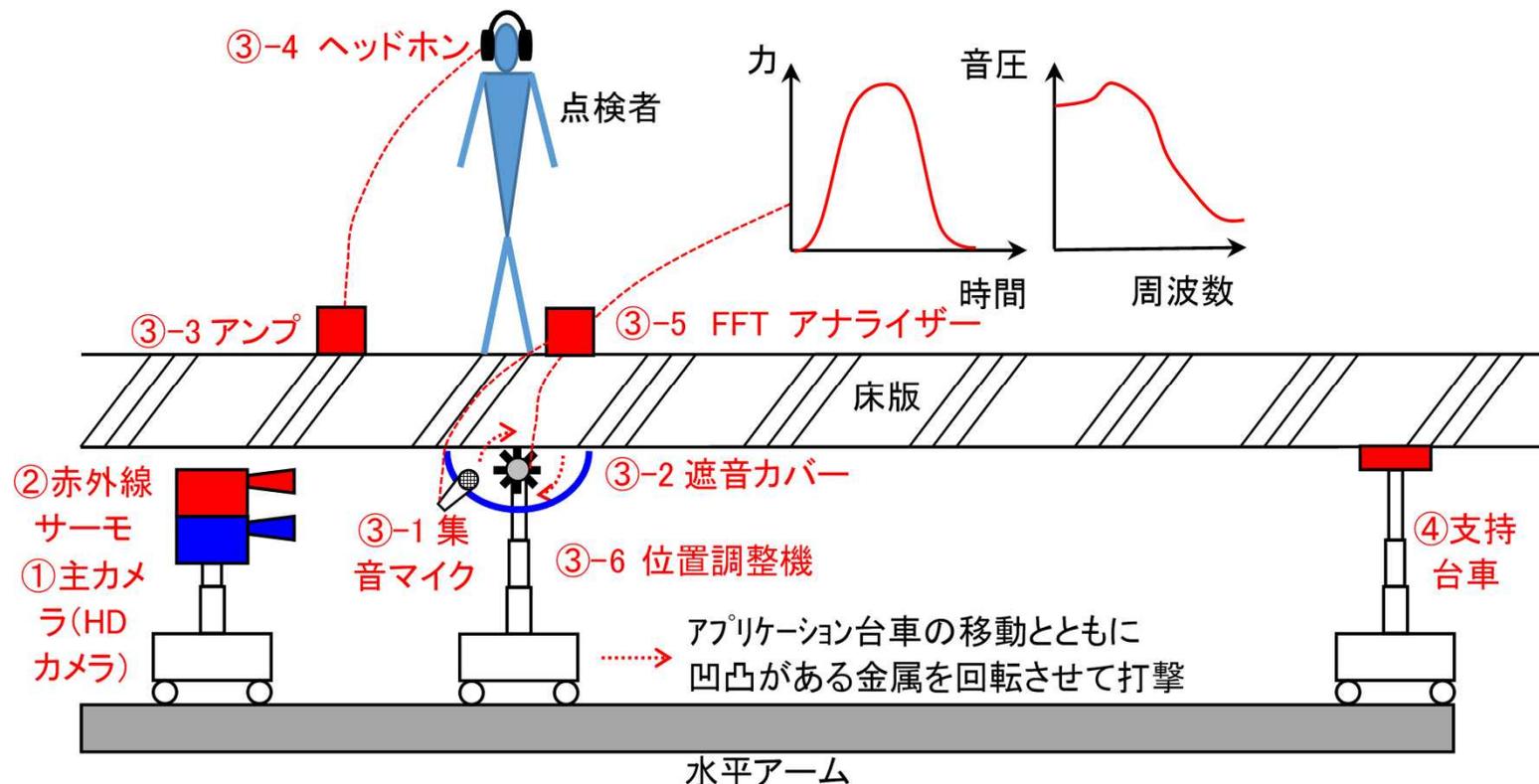
### (4)点検の補完技術による質問のまとめ

打診調査の機械化を求める声が多くあった。

## ①研究開発の全体方針の作成

### ■本研究開発の全体の方針■

- ①床版のひび割れ図をおこす作業を「見る診る」の画像データから、床版のひび割れ図をおこす技術を開発
- ②被りコンクリートの浮き・剥離を、打音検査ならびに赤外線調査を併用して判定する手法を開発



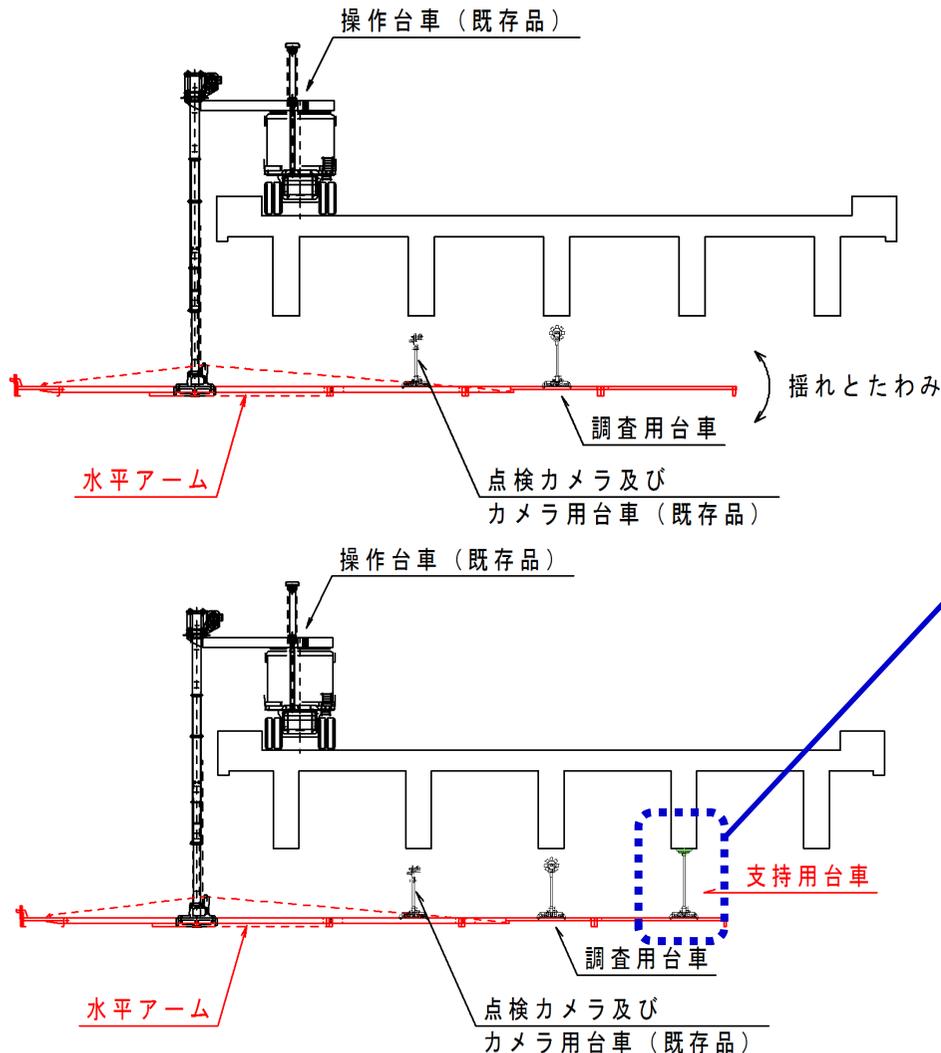
## ②非破壊試験を安定化させ、かつ高精度なデータを取り込むシステムの開発

水平アームに

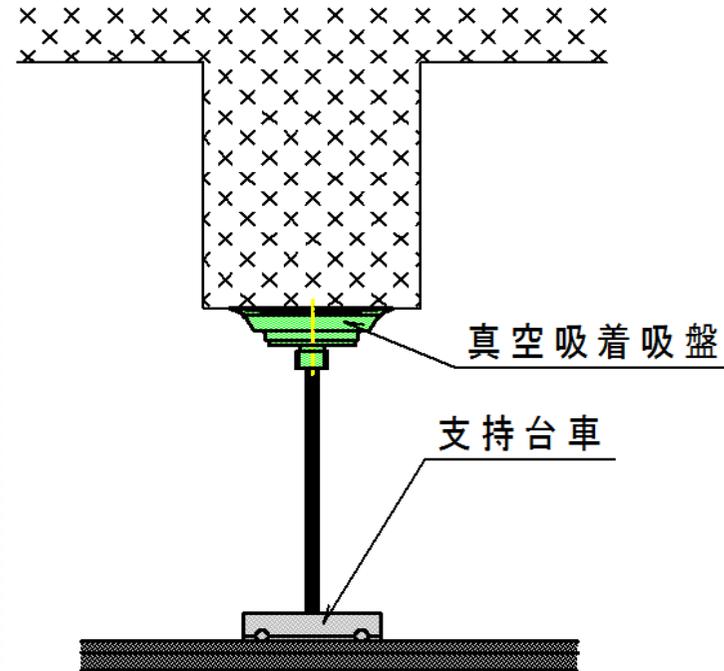
- ・赤外線サーモ, 打音検査機器を新たに搭載
- ・片持ち梁の構造形式

水平アームが  
振動

取得データの精度  
が良好でない

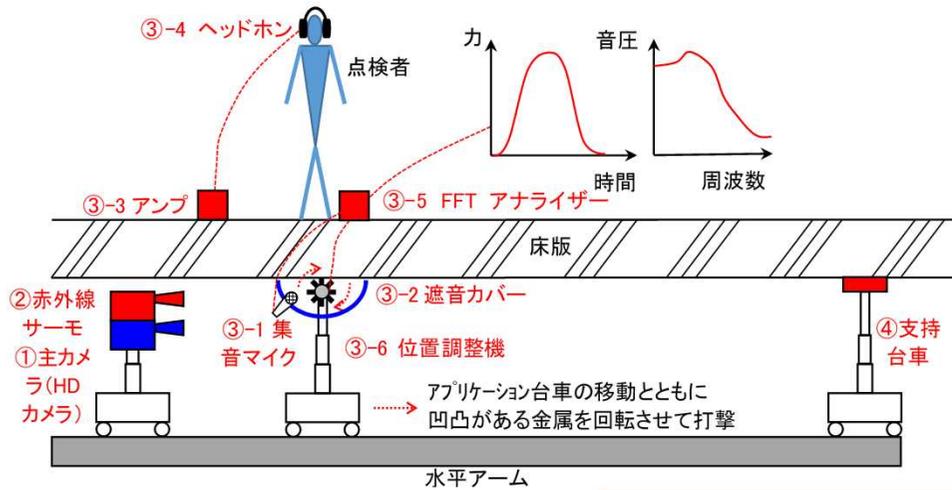


支持装置イメージ



水平アーム

### ③非破壊試験を用いた健全度評価手法の開発



非接触調査による  
浮き部の抽出

① 目視点検  
(表面の劣化・損傷の抽出)

②赤外線サーモグラフィーによる  
内部劣化の抽出  
(一次スクリーニング)

浮き箇所の抽出

接触調査による  
検証

③ 打診調査台車による  
浮き抽出個所の打診・検証

(a) コンクリートの浮き・剥離を判定するための調査フロー

### ③非破壊試験を用いた健全度評価手法の開発

#### 試験体の作成

- ・ 橋梁の床版を模して作成し屋外に設置
- ・ 浮きの深さを変化させて製作する

#### 自然環境

- ・ 季節
- ・ 温度変化（外気温）
- ・ 日射量

#### 撮影時間

- ・ 昼間撮影（高温時）
- ・ 夜間撮影（低温時）

#### 実験

- 浮き部の検出に最適な撮影タイミングを把握する。
- 各撮影条件下における浮き部と健全部を見分けるための温度差を把握する。

#### 整理

データベース化を目指す

(b) 赤外線サーモグラフィーによりコンクリート内部の劣化を判読するための  
ノウハウ取得のための実験計画

### ③非破壊試験を用いた健全度評価手法の開発

#### (c)画像データから床版ひび割れ図をおこす為のデータ取り込み手法に関する実験計画

##### 1. 研究目的

損傷の評価・診断ならびに損傷図のおこすのに必要な「撮影条件」を整理・提案すること目的。

##### 2. 平成27年度の予定

- 1) 損傷させた梁試験体による撮影実験を行い、ひび割れを高精度に検出する為の「撮影条件」を整理する。

○カメラ性能（解像度・撮影素子センサー）

○撮影距離

○撮影時の必要な照度

○その他条件



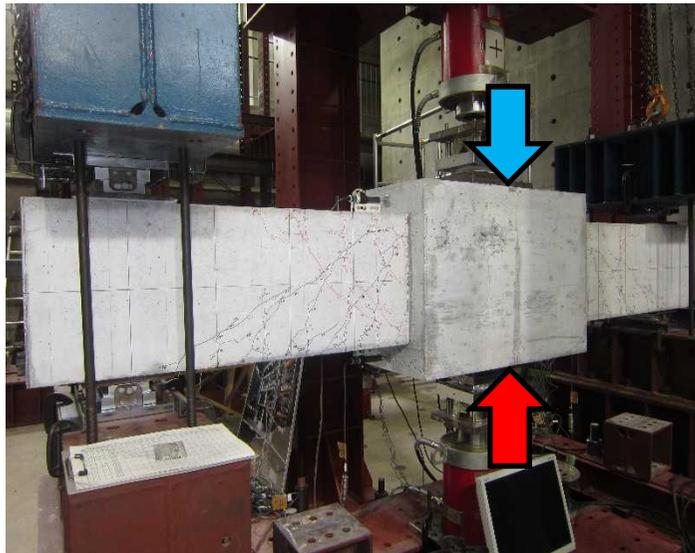
- 2) 室内実験から得られた撮影条件を用いて実橋梁で検証・評価
- 3) 撮影方法・撮影条件の改良・改善

### ③非破壊試験を用いた健全度評価手法の開発

(d)テストハンマーを用いた打音試験によるコンクリートの浮き・剥離の  
評価方法に関する検討

#### ■実験概要■ ★試験体

①RC梁試験体を加力し、損傷させる。



最終破壊  
状況

#### ■上面A■

コンクリートの浮き・剥離を模擬



#### ■上面B■

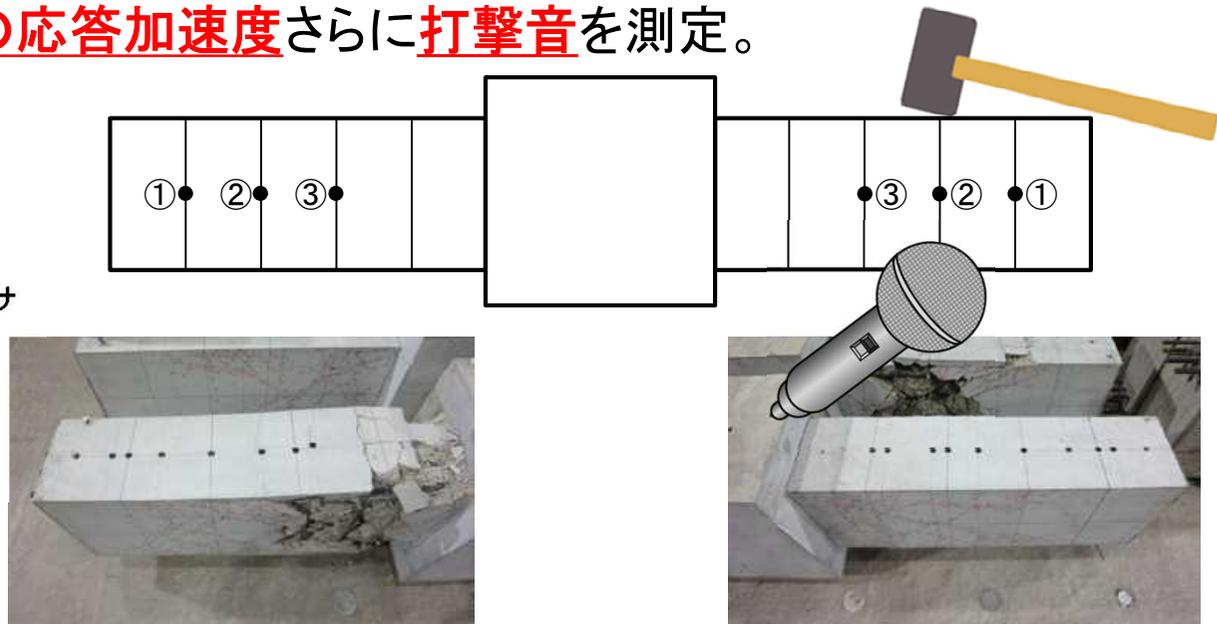
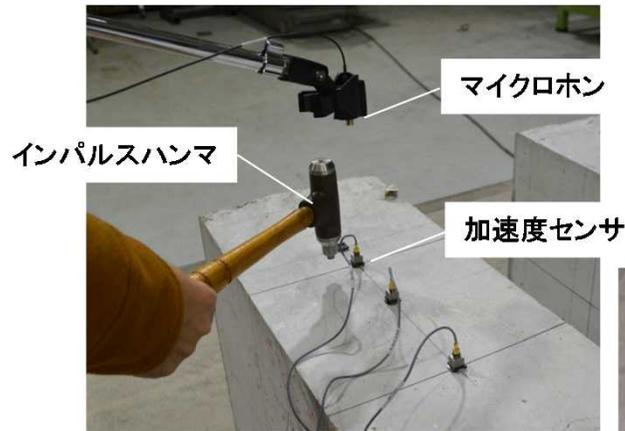
コンクリートのひび割れ浮き・剥離は無しを模擬



### ③非破壊試験を用いた健全度評価手法の開発

#### ★測定方法

- ①インパルスハンマで試験体を打撃し，衝撃力を与える。
- ②**衝撃力**および**測定点での応答加速度**さらに**打撃音**を測定。



#### ★変動要因

##### ハンマー先端のチップ



A (軟質ラバー)

B (AC中間の  
硬さのラバー)

C (硬質ラバー)

D (プラスチック)

E (金属)

ソフト  ハード

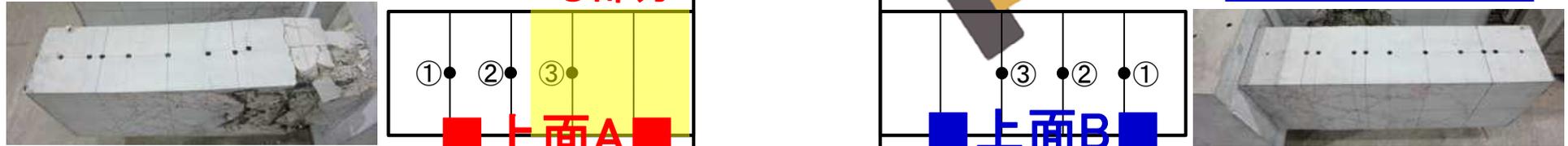
### ③非破壊試験を用いた健全度評価手法の開発

#### ■実験結果■

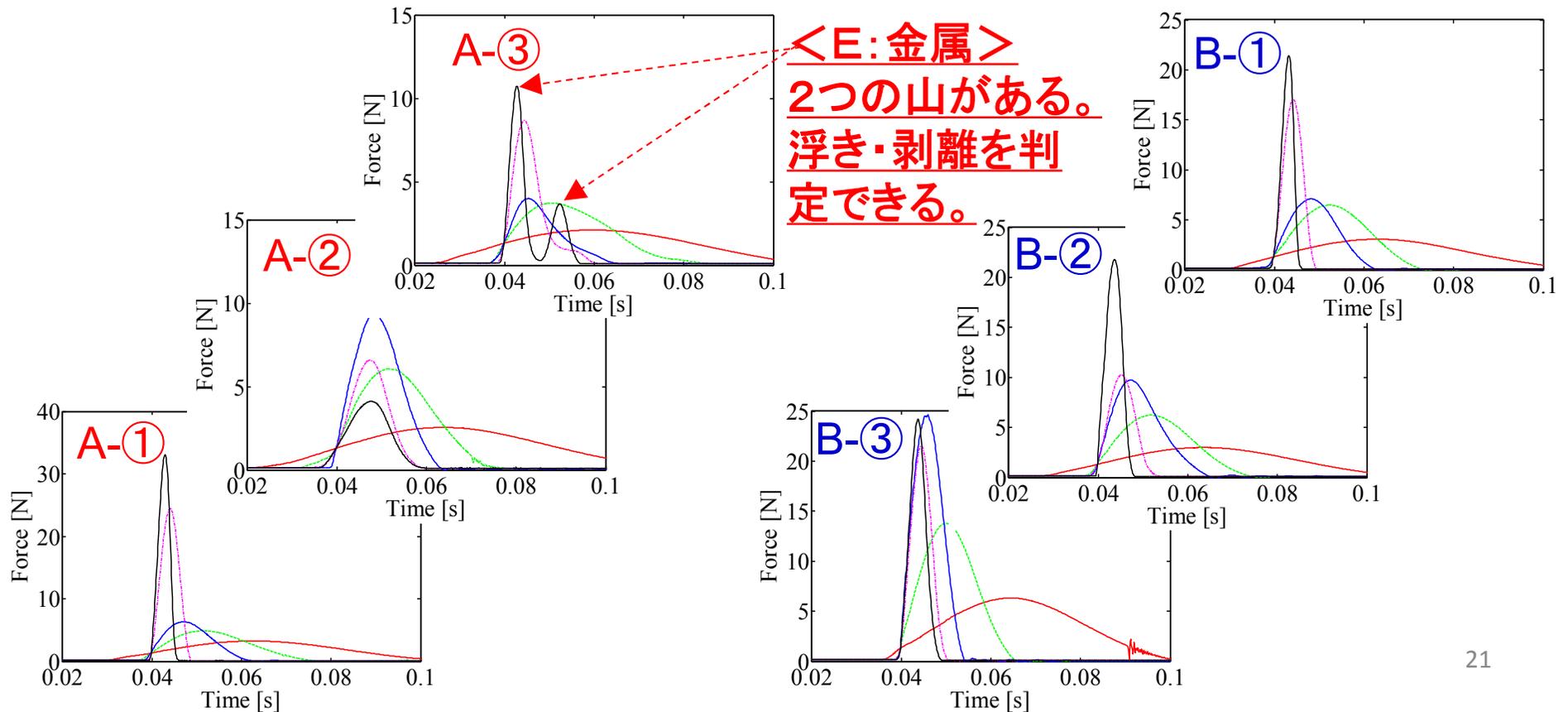
■試験体Aの梁上面■  
コンクリートの浮き・剥離を模擬

浮いている部分

■試験体Bの梁上面■  
コンクリートのひび割れ  
浮き・剥離は無しを模擬



— : Chip A    - - - : Chip B    — : Chip C    - · - · - : Chip D    — : Chip E



# まとめ1

## 1. 研究開発の全体方針の作成

研究開発を以下に示す①, ②の内容とした。

- ①床版のひび割れ図をおこす作業を「視る診る」の画像データから, 床版のひび割れ図をおこす技術を開発する。
- ②被りコンクリートの浮き・剥離を, 打音検査ならびに赤外線調査を併用して判定する手法を開発する。

## 2. 非破壊試験を安定化させ, かつ高精度なデータを取り込むシステムの開発

- ①水平アームの安定化を図るため水平アームの支持方式を2点支持方式とする。新たに支持用台車を開発し, 水平アームの先端部分を橋梁上部工に吸着させて支持する。吸着方法は, 真空吸着方式を検討する。

## まとめ2

### 3. 非破壊試験を用いた健全度評価手法の開発

- ①打診調査の機械化について、非接触調査法の日視点検及び、非破壊試験機器の赤外線サーモグラフィによる一次スクリーニング調査で浮き部を抽出し、打診調査で検証する複合的な打診診断システムの開発を目指す。
- ②赤外線サーモグラフィ法で浮きを抽出するための現場撮影条件や浮きの判読に必要な温度差など、調査に必要なノウハウの取得を目的とした試験体による屋外実験を行う。
- ③損傷図作成のための画像の撮影方法を確立するため、試験体による撮影実験を行い高精度な画像を効率的に取得するための撮影条件を整理する。
- ④目視で損傷が検知可能な試験体と目視では損傷が検知困難な試験体を用いて、先端チップの材質の違いが衝撃力、表面振動および放射音の特性に及ぼす影響を調べた。その結果、目視で損傷が検知可能な試験体と目視では損傷が検知困難な試験体では、先端チップの材質の違いが現れた。次年度は、定量的な評価が可能な試験体(既知の浮きあるいは空洞)を用いて、浮き、空洞の検知に適した衝撃力(先端チップの材質)の付与方法を明らかにする。さらに、衝撃力、表面振動および放射音の時間波形、周波数分析結果、時間・周波数分析結果と浮き、空洞との関係を求め、「橋面より実施する簡易な橋梁点検システム」に適した打撃検査法を明らかにする。

ご清聴ありがとうございました。