

独立行政法人 国際協力機構

道路アセットマネジメント技術
～最先端技術の技術協力への適用～

橋梁点検支援ロボットの開発と現状

平成30年10月15日

ジビル調査設計株式会社



概 要

- ◎開発に至った経緯
- ◎従来技術（橋梁点検車等）で困難な
特殊橋梁の点検システムの開発と進化
- ◎道路橋定期点検要領における近接目視の定義
- ◎ロボット技術への挑戦と今後の課題と方向性



弊社紹介と開発の経緯

- 1970年 福井市内にて創業（社齡48歳）
- 創業とほぼ同時に入社（社員3名）
測量、建設コンサルタント、地質調査、一級建築士事務所
- 2003年8月社長拝命（社員数45名）
- 2004年7月福井豪雨災害発生
- 2007年までの間災害復旧業務への対応
（社員数56名）
- 2007年度以降急激な業務量の減少と同時に価格競争の激化。⇒マイナススパイラルからの脱却を目指して同時期に同業他社との差別化に繋がる自社にできる技術革新を摸索する社内プロジェクトの立ち上げ。
- 現在に至る。 2018年6月（社員数50名、パート7名）

橋梁長寿命化修繕計画書策定



橋梁点検に対するニーズが明確

国土交通省は平成19年度(2007年度)から5~7年(市町は7年)に時限付きで橋梁点検の実施に対する補助制度を発表し計画に基づかない橋梁の修繕・架替への補助は廃止。全国の15m以上の橋梁約15万橋、2m以上の橋梁約677千橋



従来技術：橋梁点検車による点検



課題：片側交互通行規制と渋滞



橋梁点検車による点検時の点検員の課題



- ・個人視力格差、異常部位置特定とスケッチ等**個人差による点検精度の差異。**
- ・**高所作業**、終日上向き姿勢での点検等**作業環境の改善。**
- ・**目視困難な部位**(桁内部および狭小部位への進入不可)**への対応。**
- ・**点検結果の検証**(見落とし箇所の再確認および見落としの有無の確認)**困難。**



一般的な点検方法は、橋梁点検車を利用した
点検員による近接目視点検



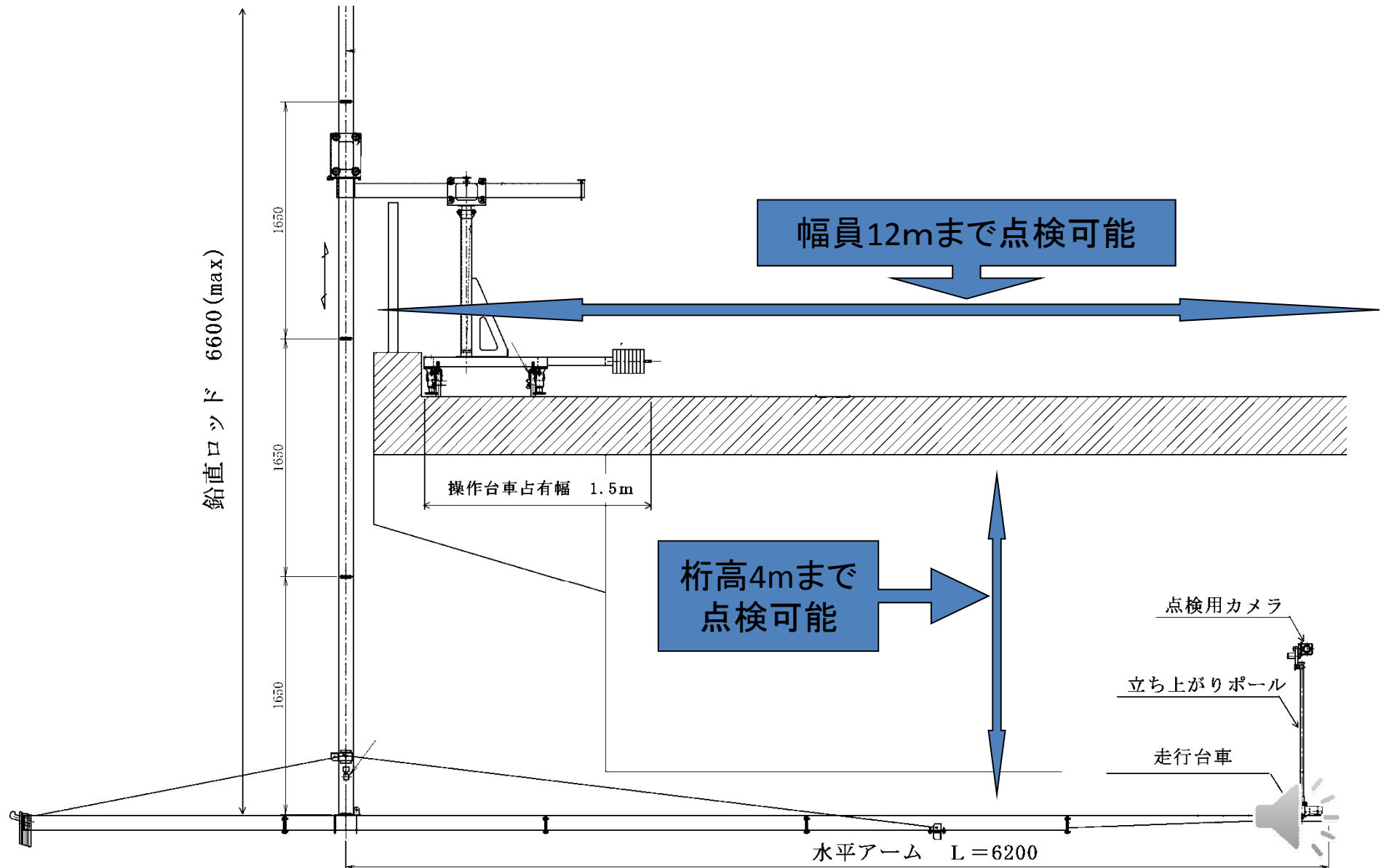
しかし、橋梁点検車が利用できない橋梁も数多く存在

橋梁点検車が利用できない橋梁の例



トラス橋、アーチ橋、歩道橋、交通規制が困難な橋梁等

課題解決に向けて 橋梁点検カメラ(TYPE20:プロトタイプ)を製作



点検カメラシステム台車橋面上占有幅



自転車通行も可能



地域の生活道路でも交通規制不要



従来技術で困難な特殊橋梁の 点検システムの開発と進化

近畿地方整備局／近畿経済産業局：
異分野連携新事業分野開拓に係る認定

平成21年度新事業活動促進支援補助金（新連携支援事業）
交付を受けて5年間の開発と新事業の展開がスタート。

**経済的余裕のない中での補助金の活用によって
新技術開発への道が開けた。**



橋梁点検カメラ1号機(TYPE21)



TYPE21 機動性、安全性に課題



TYPE21⇒TYPE22へ機能改良

占有幅／最大高欄高さ

$h=0.7\text{m}$

$h=1.45\text{m}$

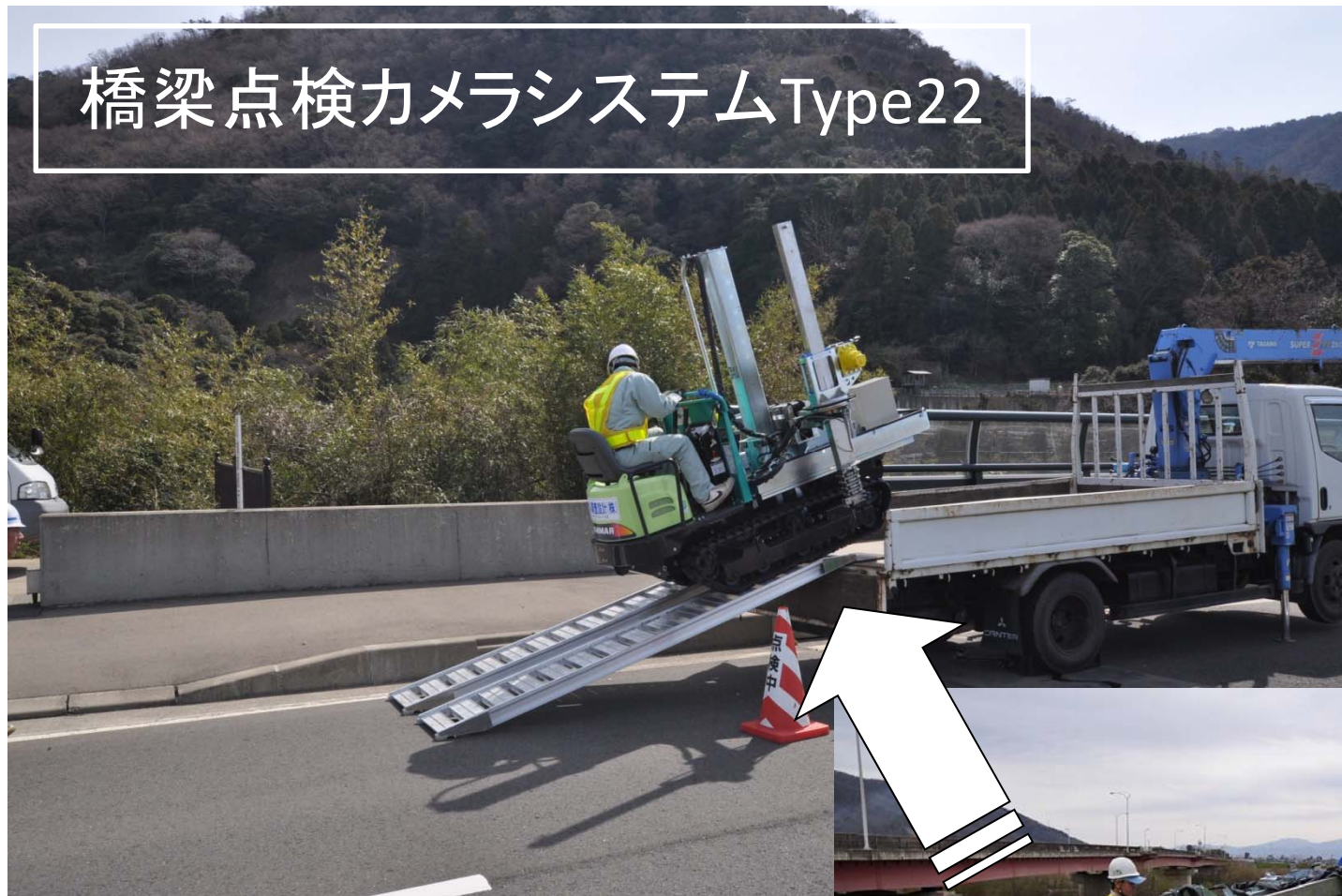
システム占有幅 $W=1.0\text{m}$

作業スペース $W=1.5\text{m}$

水平ロッド継ぎ足し時の一時的な
最大張出幅 $W=1.7\text{m}$



橋梁点検カメラシステムType22



Type21からType22へ
機能改良



橋梁点検カメラシステム
Type21



橋梁点検カメラシステムType22



橋梁点検カメラシステム Type21



Type21からType22へ
機能改良



橋梁点検カメラシステムType22

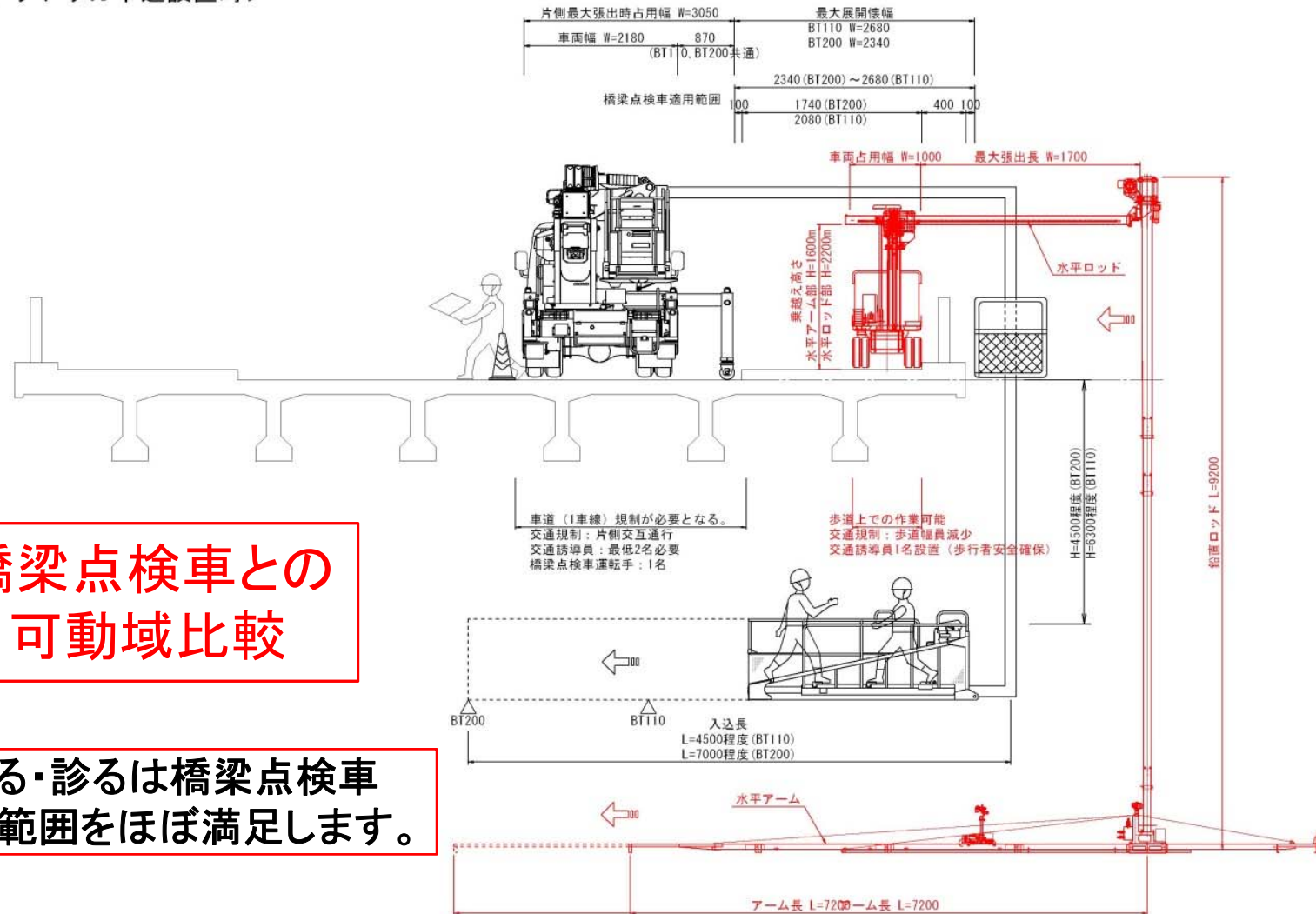


橋梁点検カメラシステム Type21



Type21からType22へ
機能改良

橋梁点検カメラシステムと橋梁点検車（BT110/BT200）との比較図
 <アウトリガ車道設置時>



橋梁点検車との
可動域比較

見る・診るは橋梁点検車
可動範囲をほぼ満足します。

Type22で(橋梁点検カメラシステム見る・診る)
 NETIS登録番号 KK-110063-A

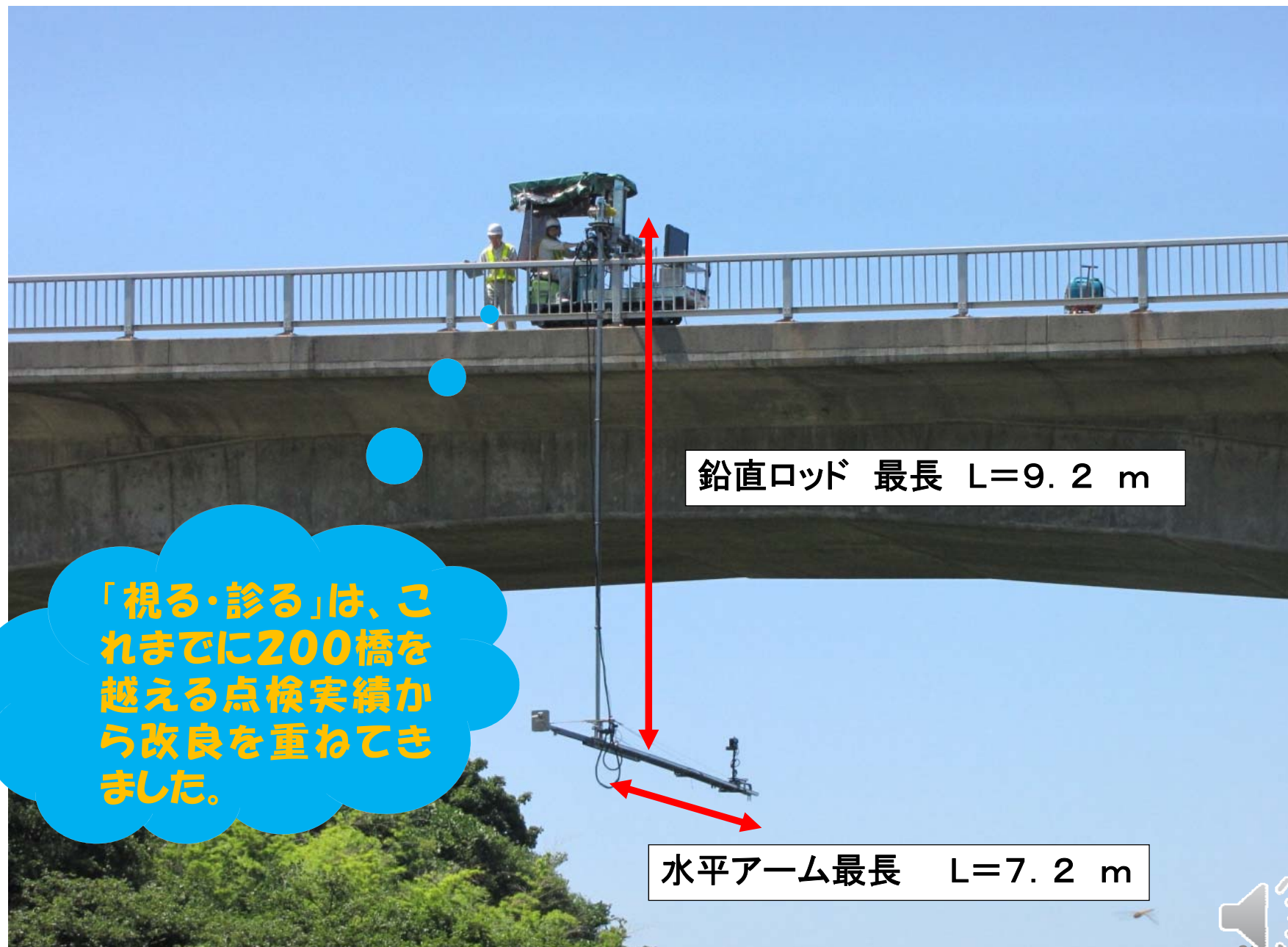


添架管上部の狭隘な部位も楽々点検

点検用主カメラ

監視用補助カメラカメラ





鉛直ロッド 最長 $L=9.2\text{ m}$

「視る・診る」は、
これまでに200橋を
越える点検実績か
ら改良を重ねてき
ました。

水平アーム最長 $L=7.2\text{ m}$



そして、多くの皆様の
御意見（現場ニーズ）
のお蔭で
「**視る・診る**」は
更に高機能化を
目指しました。

「見る・診る」は見る機能から接触機能へ
進化しました。(Type22⇒Type25へ)

水平アーム上には
①、②、③の
見る、測る、診断
機能を付加して高
機能化しました。

②ひび割れ幅測定装置

①レーザーポインター照射装置

③打撃診断装置開発中

特許取得



画像に $\Phi 200\text{mm}$ スケールの レーザーリング投影

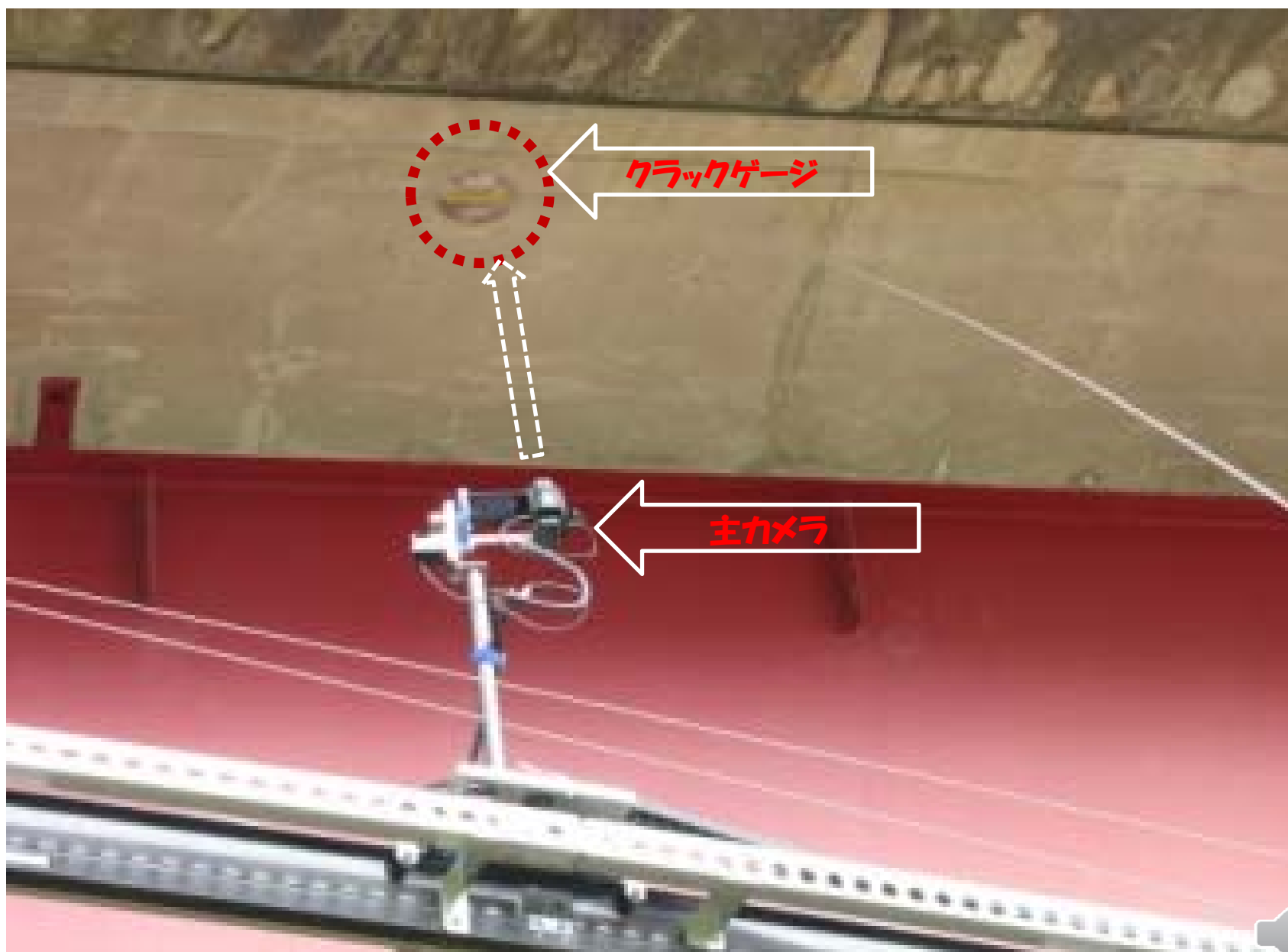




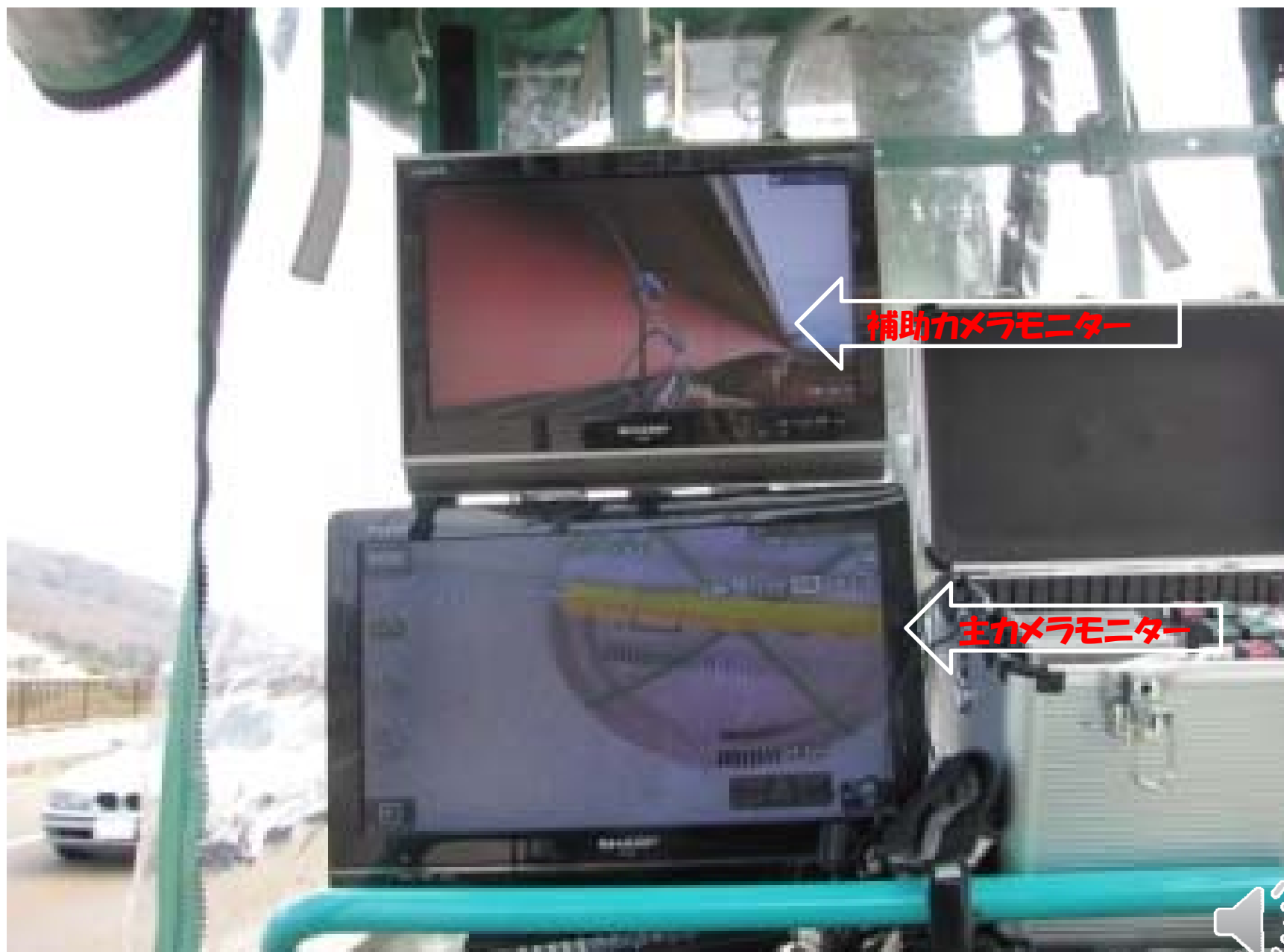
②ひび割れ幅検出装置



人の手の動きに近い
機能を追求！







AQUOS

肉眼に代わるビデオカメラのズーム機能で
クラックスケールによるひび割れ幅を検知！



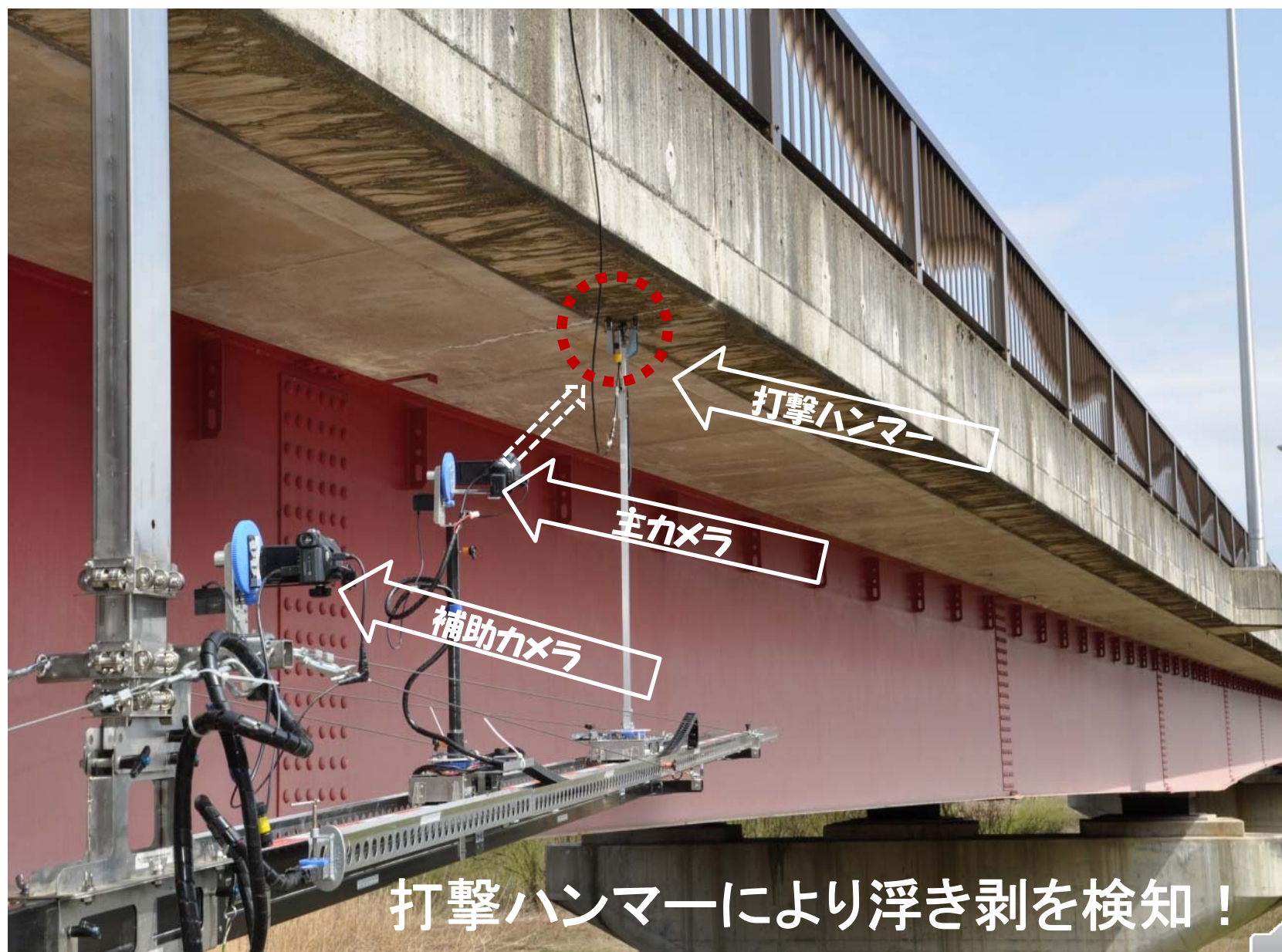
主カメラモニター





③打撃診断装置





視る・診るは更なる機能アップにチャレンジ

各種測定機器

主力カメラ

補助カメラ



しかしその矢先

平成26年6月に国土交通省
道路局が策定した道路橋
「定期点検要領」によって
点検環境が大きく変化。

5年に1回近接目視を基本として実施
健全性の診断結果を4つに区分

近接目視とは、**肉眼**により部材
の変状等の状態を把握し 評価
が行える距離まで接近して行う
ことを想定している。

**肉眼の文字によって点検カメラでの
点検需要が一気に無くなった。**

絶望の矢先

これと同時期に
国土交通省総合政策局では
「次世代社会インフラ用ロボット
開発・導入の推進」事業が展開
され平成27年4月の公募に応募
して採択されロボットとしての開
発が始まった。

ロボット基本要件14項目（抜粋）

- 点検要領に沿って近接目視の代替または支援を通じて「要領等」の定める点検調書の作成または支援が出来る。
- 「要領」に基づく損傷評価に必要な全てまたは一部の情報を得ることが出来る。
- 足場の設置等をしなければ、点検のために人が近づけない部位を点検できる。
- 現場での安全確保がなされている。
- 狭隘部等、人が近づけない、または、近づき難い箇所の点検が出来ること。
- 橋梁点検車や高所作業車等による点検の費用や手間を削減すること。

施策概要

概要

今後増大するインフラ点検を効果的・効率的に行い、災害現場の調査や応急復旧を迅速かつ的確に実施するため人による作業を支援する実用性の高いロボットの開発から導入まで一貫した取り組みを支援

取り組み

- ・ロボット開発・導入が必要な『5つの重点分野』(維持管理:トンネル・橋梁・水中、災害対応:調査・応急復旧)を策定
- ・H26、H27年度民間企業や大学等からロボット技術を公募し、直轄現場を活用した検証・評価を実施

5つの重点分野

※平成25年12月国土交通省・経済産業省公表

I 維持管理

① 橋梁

- ・近接目視を支援
- ・打音検査を支援
- ・点検者の移動を支援

② トンネル

- ・近接目視を支援
- ・打音検査を支援
- ・点検者の移動を支援

③ 水中(ダム、河川)

- ・近接目視を代替・支援
- ・堆積物の状況を把握



II 災害対応

④ 災害状況調査

(土砂崩落、火山災害、トンネル被害)

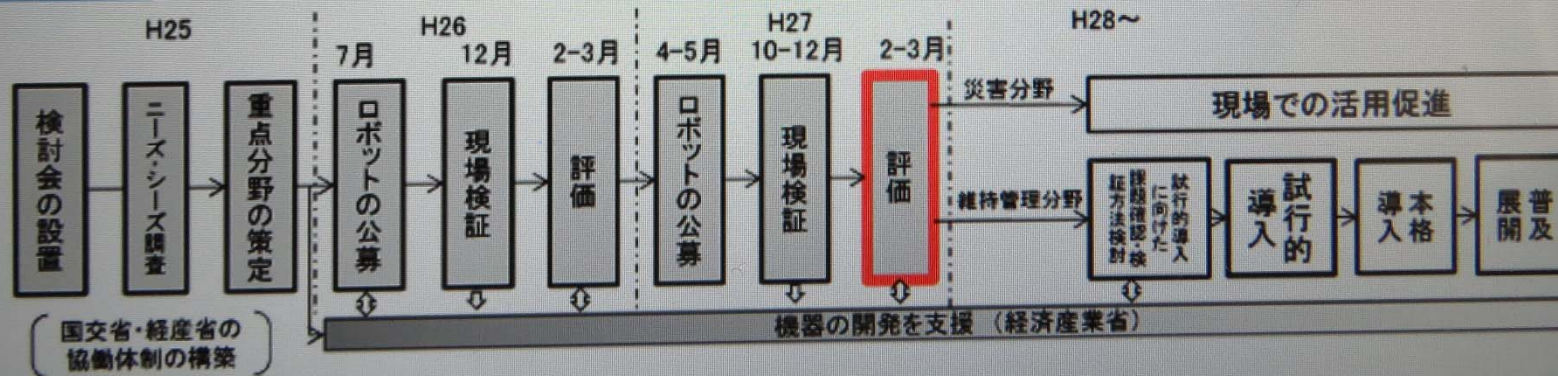
- ・現場被害状況を把握
- ・土砂等を計測する技術
- ・引火性ガス等の情報を取得
- ・トンネル陥落状態や規模を把握

⑤ 災害応急復旧 (土砂崩落、火山災害)

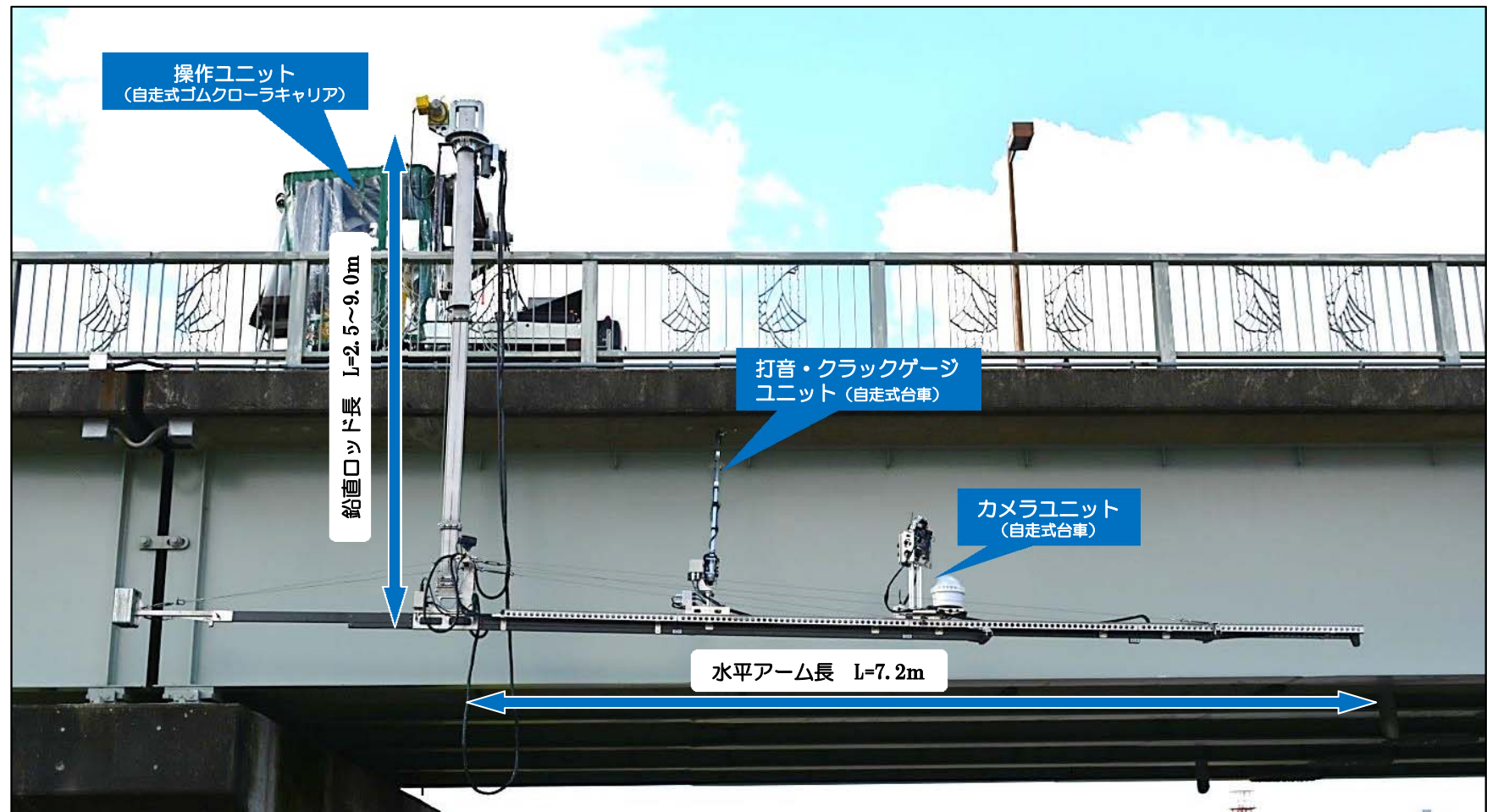
- ・土砂崩落等の応急復旧
- ・排水作業の応急対応する技術
- ・情報伝達する技術



実施フロー

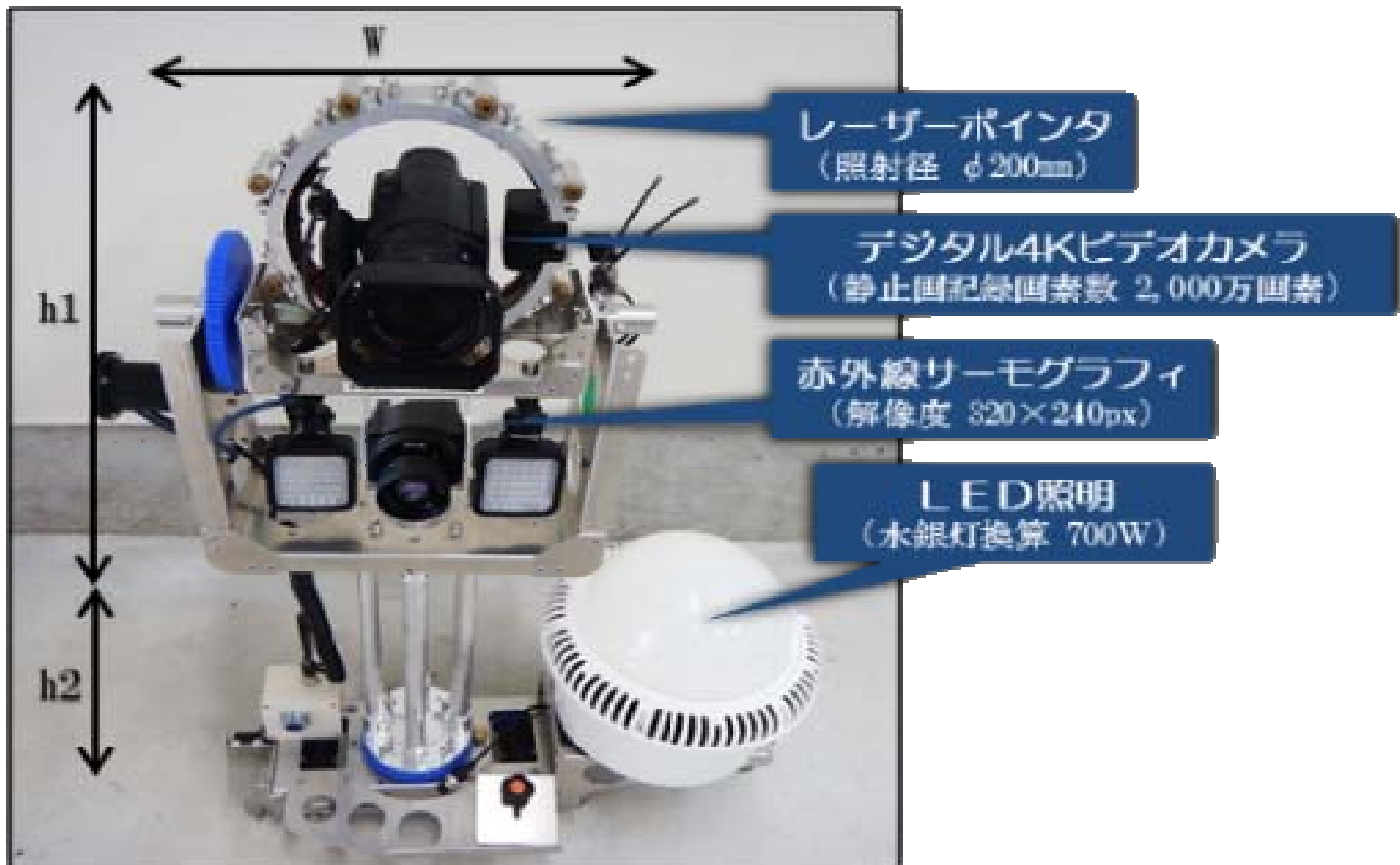


平成27年度次世代社会インフラ用ロボット現場検証 (国土交通省)に参加





カメラユニット



打音・クラック ゲージユニット



レーザーポインターによる点検位置確認機能

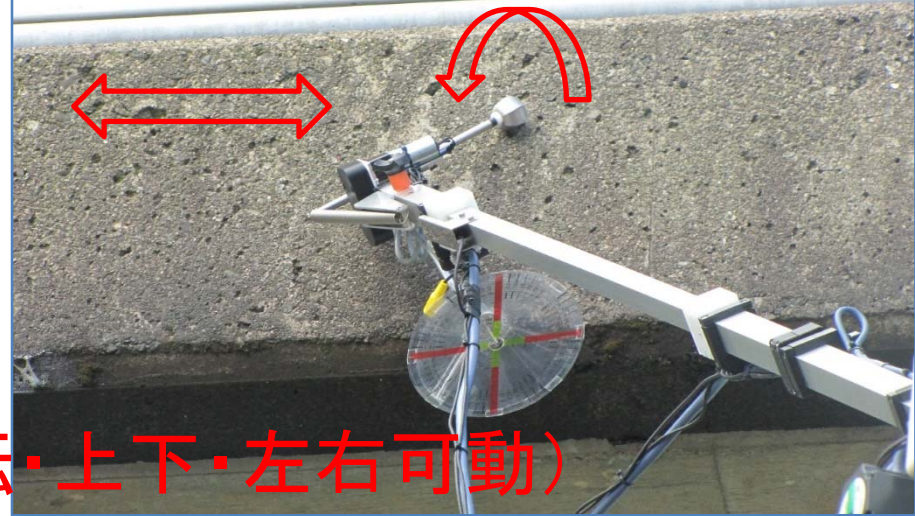
レーザーポインターリングφ=200

緑色レーザーリングはビデオカメラ撮影位置の確認並びにひび割等点検箇所認識用
赤色のレーザーポイントはひび割れ及び打診アームの延伸到達箇所を誘導する位置表示となっている。

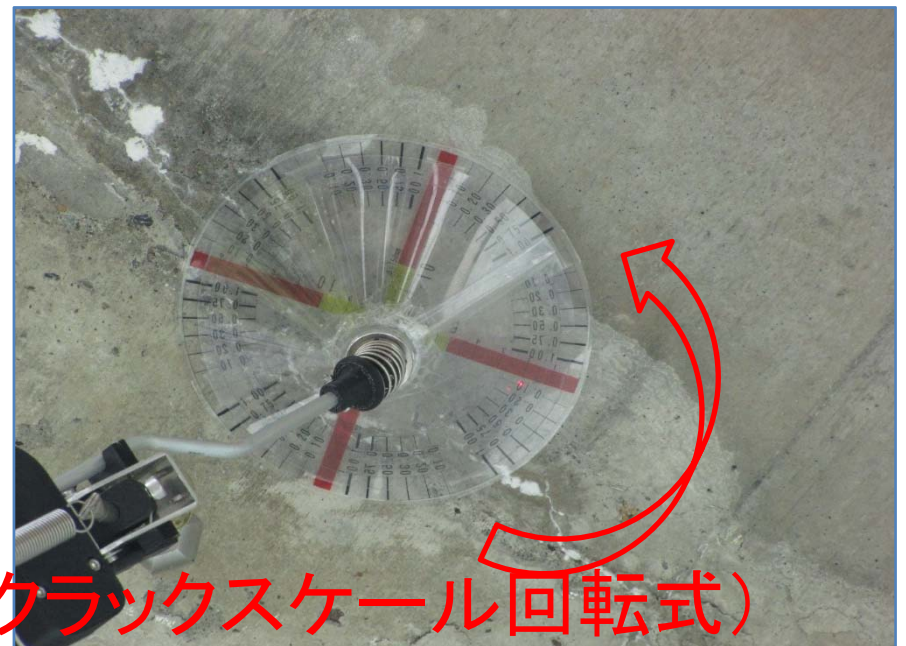
1本のロボットアームに集約された点検機能



打音診断装置(回転・上下・左右可動)



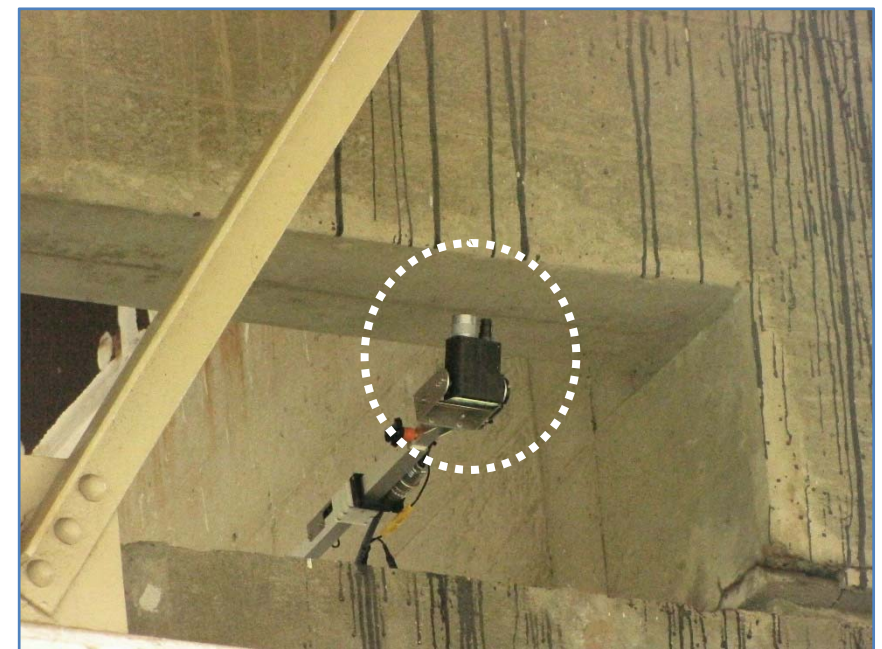
ひび割れ幅測定装置(クラックスケール回転式)



小型カメラの装着による狭隘部の点検



狭隘部位（桁遊間100mm）への点検カメラ挿入





現地到着⇒降車⇒組み立て完了(所要時間約45分)



クローラ台車運転席の各種遠隔操作機器類

補助カメラモニター

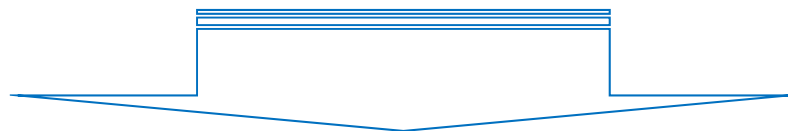
主カメラモニター

・・・点検状況を動画(3分30秒)でご覧ください。・・・



視る・診るの現状報告

平成28年度国土交通省次世代社会インフラ用ロボット現場検証(橋梁維持管理部門)において、参加21ロボットの内5つのロボットが**最高評価(I. 試行的導入に向けた検証を推奨する。)**を受け「視る・診る」はその中に入ることができました。

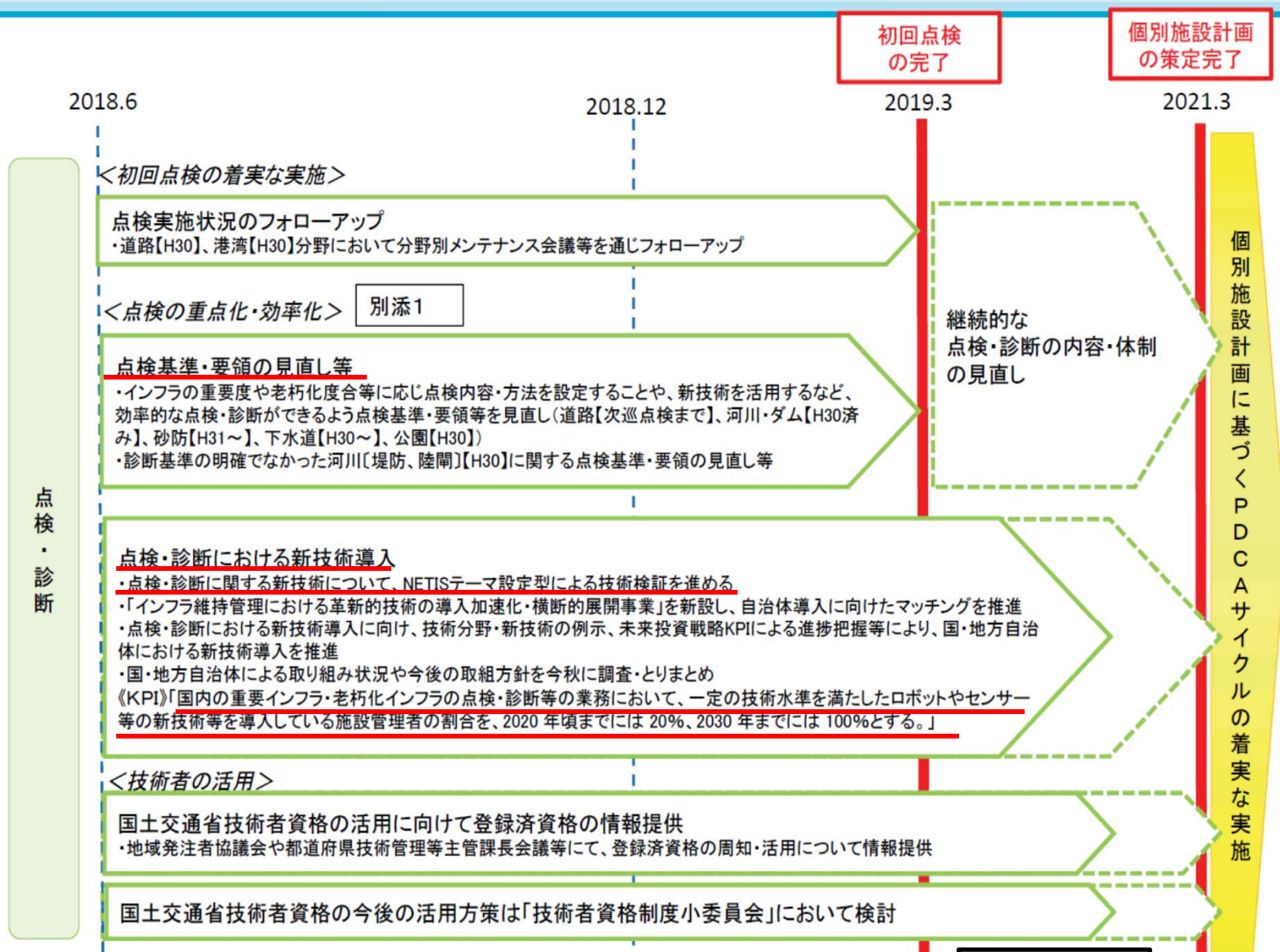


現在は試行的導入に向けたリクワイヤメント(要求仕様)の提示待ち。これを満足することが条件で今後試行的導入の現場検証が実施される予定。

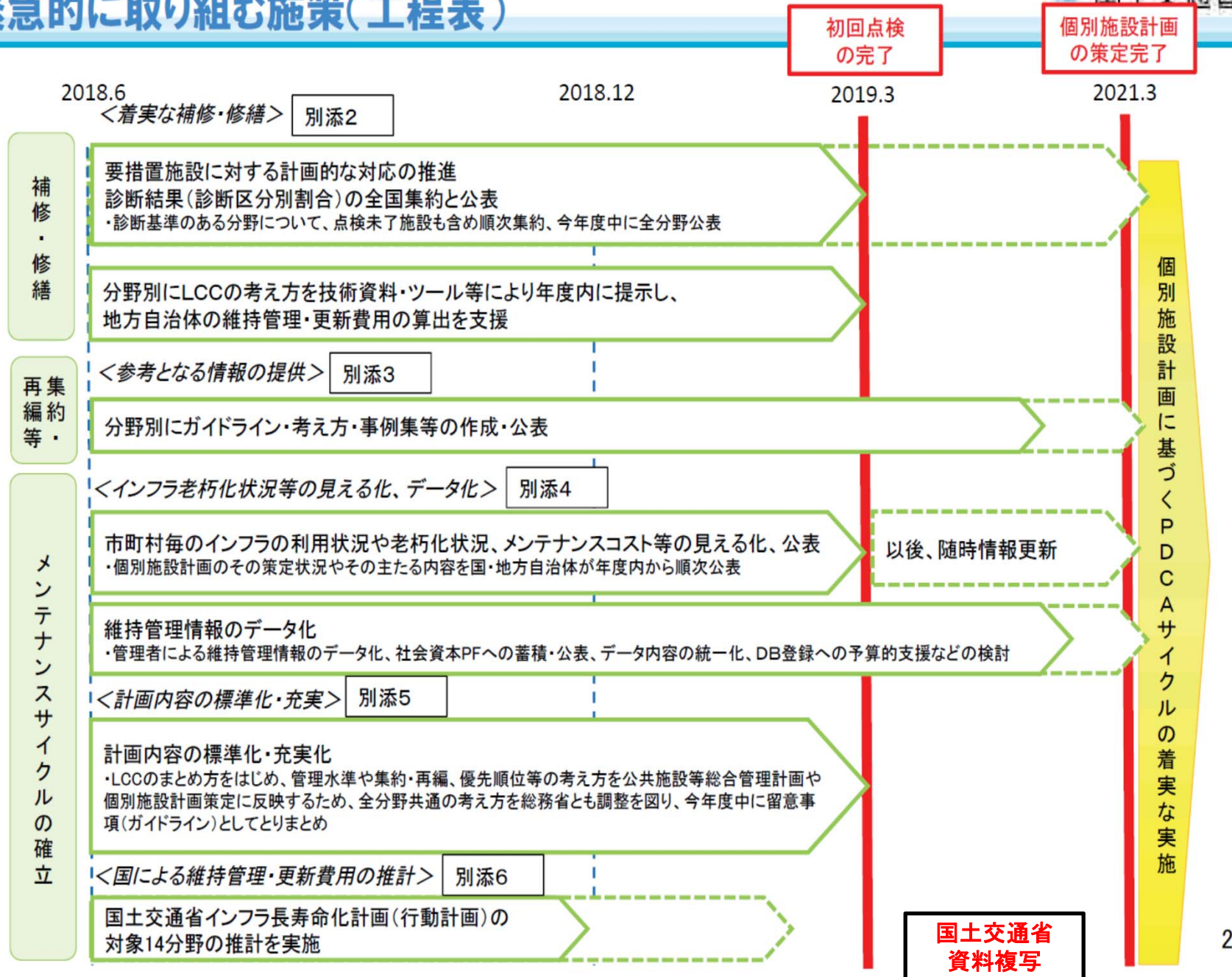


新技術の現場実装促進(テーマ設定型技術公募)平成29年度、平成30年度に参加

緊急的に取り組む施策(工程表)



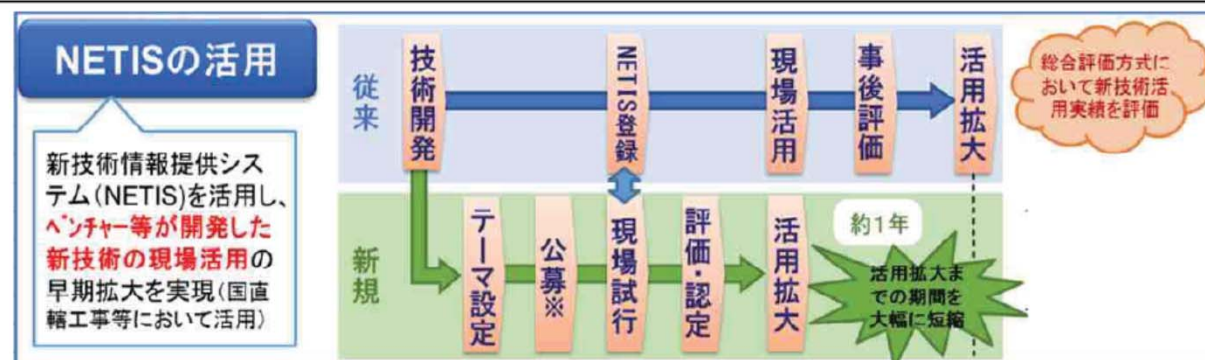
緊急的に取り組む施策(工程表)



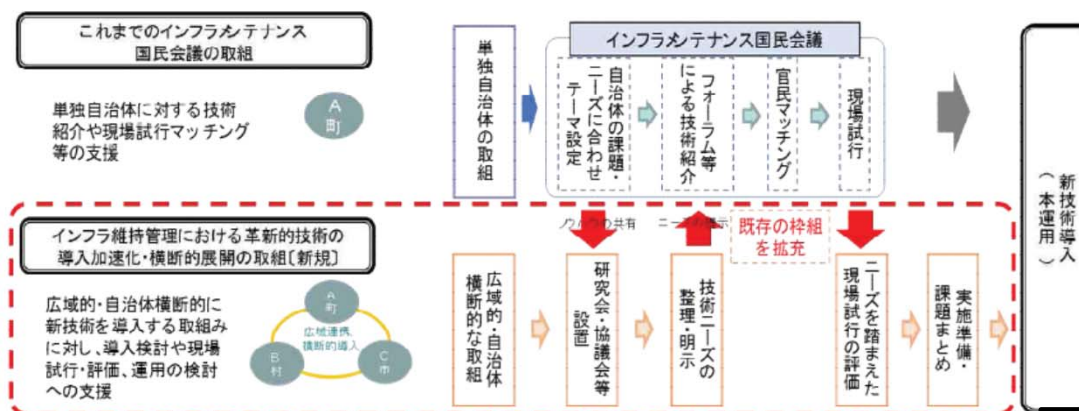
(1)点検・診断(重点化・効率化への取組①)

別添1-1

- これまでの点検・診断に関する知見を踏まえ、点検を重点化・効率化
 - インフラの重要度や老朽化度合等に応じ点検内容・方法を設定することや、新技術を活用するなど、効率的な点検・診断ができるよう点検基準・要領等を見直し
 - 公募により選定した技術を現場で活用・評価することにより、新技術の現場実装を促進(テーマ設定型技術公募)
 - 「インフラ維持管理における革新的技術の導入加速化・横断的展開事業(新設)」による導入マッチングを実施



広域的・自治体横断的な取組への支援 ※官民研究開発投資プログラム(PRISM)に申請中



国土交通省
資料複写

1-2:維持管理分野へのICT(ロボット)活用②評価技術

□次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会で一定の評価を得た技術

- ・「課題の解決を前提に試行的導入に向けた検証を推薦」技術と同等以上

橋梁（現場導入に向け、リクワイヤメントの一部を公表（H30.3）し、リクワイヤメント案に基づき評価を実施中）



構造物点検ロボット
システム
「SPIDER & Giraffe」

ルーチェサーチ



非GPS環境対応型
マルチコプターを用いた
近接目視点検支援技術

三信建材工業



マルチコプターによる
近接撮影と異状箇所の
2次元計測

夢想科学



マルチコプターを利用した
橋梁点検システム
（マルコTM）

川田テクノロジーズ



「橋梁点検カメラシステム
視る・診る」による近接目視、
打音調査等援助・補完技術

ジビル調査設計



橋梁等構造物の
点検ロボットカメラ

三井住友建設



橋梁下面の近接目視
支援用簡易装置
「診れるんです」

東北工業大学

「次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会」橋梁維持管理部会の審議を経て、H30年6月に評価結果を公表予定の技術

トンネル（現場導入に向けリクワイヤメントの一部を公表（H30.3）し、リクワイヤメント案に基づき評価済）



走行型高速3Dトンネル点検システム
MIMM-R（ミー・アール）

パシフィックコンサルタンツ



走行型高精細画像計測システム
（トンネルトレーサー）

中外テクノス



道路性状測定車両イーグル
（L&Lシステム）

西日本高速道路
エンジニアリング四国



トンネル覆工コンクリート
内部・表面調査システム

三井造船



トンネルキャッチャー TC2

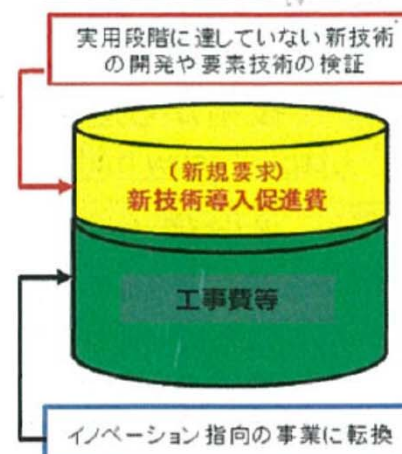
H30年 3月29日に「次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会」トンネル維持管理部会の審議を経て評価結果公表済の技術

2-3:発注方法

○平成30年度予算を新たに計上された「**新技術導入促進調査経費**」を用いて、通常点検と合わせて、**味ッ点検とその納品を実施**。
追加的に必要な費用は別途考慮される。

国総施安第3号(H30.5.24)施工安全企画室長発 別添「平成30年度における点検記録作成支援ロボットについて」記載事項をまとめたもの。

新技術導入促進の新たな仕組み



①: 未公告の場合

- ・ 点検業務全体をプロポーザル方式で発注
- ・ 評価テーマは、【「点検記録作成支援ロボットを活用した3次元成果品納品マニュアル」に沿った点検記録作成に関する具体的実施方針】とする。

②: 公告済未契約の場合(未公告だが、手続きが間に合わない場合も含む)

- ・ 契約後に変更協議により実施

③: 既契約の場合

- ・ 変更増が困難な場合は別途発注するが、ロボットの点検記録を元に、通常の点検成果の修正をすることも想定しているので、通常点検と一体不可分が基本。
- ・ したがって、「参加者の有無を確認する公募」手続きにより、点検受注者と随意契約か、応募者が居れば、①に準じたプロポーザル方式に移行する。

2-4: 見積もリイメージ③



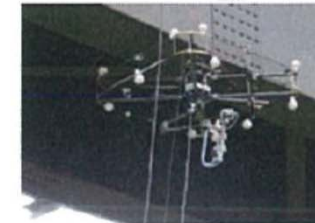
構造物点検ロボットシステム
「SPIDER & Giraffe」
ルーチェサーチ



非GPS環境対応型マルチコプターを用いた
近接目視点検支援技術
三信建材工業



マルチコプターによる
近接撮影と異常箇所の2次元計測
夢想科学



マルチコプターを利用した橋梁点検システム
(マルコTM)
川田テクノロジーズ



「橋梁点検カメラシステム視る・診る」
による近接目視、打音調査等援助・補完技術
ジビル調査設計



橋梁等構造物の
点検ロボットカメラ
三井住友建設



橋梁下面の近接目視支援用簡易装置
「診れるんです」
東北工業大学

②: 作業計画

- ロボットの追加作業に対して交通整理員や仮設の費用が必要となることは想定していないが、技術の特性上必要であれば、通常の定期点検の積算資料を準用

http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/0722_03.pdf

橋梁点検カメラシステム視る・診るから 橋梁点検支援ロボットへの進化に至る現場検証履歴

実施時期		橋梁名	所在地	実施機関	内容
平成26年	11月	新浅川橋	東京都	国土交通省	稼働試験
平成27年	11月	幸久橋	茨城県	国土交通省	稼働試験
平成28年	12月	幸久橋	茨城県	国土交通省	ひび割れ検出
	12月	大仏橋	福島県	NEDO	インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト／インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置／橋梁桁端部点検診断ロボットの開発の平成28年度公募に採択。
平成29年	4月	幸久橋	茨城県	国土交通省	ひび割れ、浮き、剥離等検出
	9月	新飯塚橋 山鹿大橋 池田橋	福岡県	国土交通省	浮き、剥離等検出検証
	10月	揖斐川橋梁	岐阜県	岐阜大学SIP	岐阜大学SIPに参加 トラス橋での実装検証
	11月	各務原大橋	岐阜県	岐阜大学SIP	広幅員橋に於ける実装検証
	12月	板垣橋	福井県	NEDO	機能試験
平成30年	1月	葛飾大橋	東京都	国土交通省	トラス橋での実装試験 床版ひび割れ等検出
	1月	アイリスブリッジ	福井県	NEDO	実装検証
	8月	江島大橋	鳥取県	鳥取大学SIP	鳥取大学SIPに参加 地域実装検証
	10月	各務原大橋	岐阜県	岐阜大学SIP	実装点検

視る・診るの今後

今年度は、「道路橋点検記録作成支援ロボット技術に関する評価指標を公表し、技術公募を実施。

～新技術情報提供システム（NETIS）テーマ設定型（技術公募）に応募

橋梁点検支援ロボットに進化して点検市場への本格参入を目指しています。

現状報告を終わります。

ご清聴ありがとうございました。