

- 研究開発項目 : 点検・モニタリング・診断技術の研究開発
- 研究開発テーマ : 橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステムの創生
- 研究責任者 : 三井住友建設株式会社 藤原 保久
- 共同研究グループ: 株式会社日立産業制御ソリューションズ



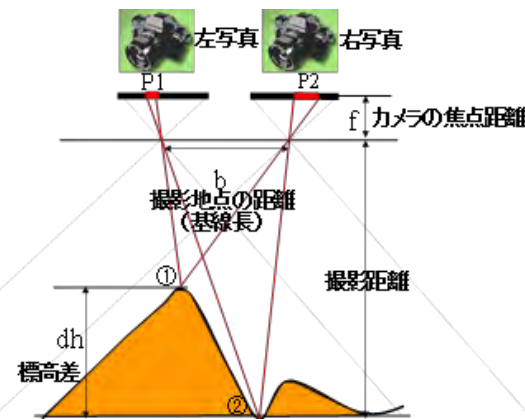
# 研究開発の目的・内容

## 研究開発の目的

橋梁点検ロボットカメラ等の機器を現場に定期的に持ち込んで計測する**定期監視型モニタリング**においてシステムを構築することによって、コンクリート橋の支承部、桁端部の人が容易に近づけず**近接目視が困難な部位**に対し、損傷状況の**経年変化データ取得**を可能とする。

## 研究開発の内容

使用する機器は、橋梁点検ロボットカメラ、デジタルカメラ、レーザースキャナであり、それぞれの機器の長所を活かした**モニタリングシステムの構築**において、**位置情報連動の相互補完機能**や**雲台付きポールユニットの相互利用**機能を開発するため、実橋にて技術検証を行う。



レーザースキャナ

デジタルカメラを用いたパノラマ撮影

※ レーザー距離計や照明を搭載し、暗所でも撮れる高感度高機能カメラ

## 1. 橋梁点検ロボットカメラ撮影画像の色調補正

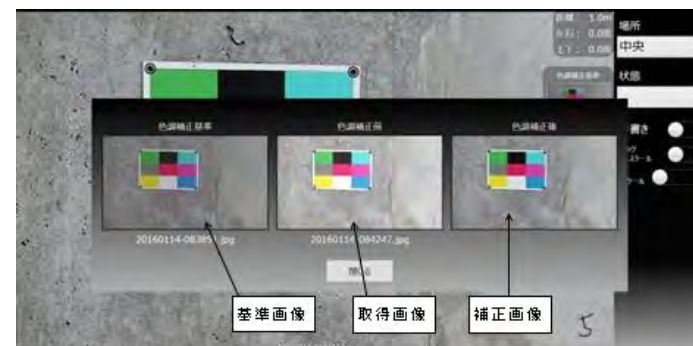
同一箇所を撮影した画像において、撮影日時が異なれば天候や明るさの影響を受け、損傷の経年劣化状況が正しく判断できないことがある。そのような**環境条件の差異を排除**するため、以下の**色調補正技術**を検討した。

### (1) 色調規格パレットを用いた方式

対象表面に貼付けた規格パレットを写し込み、画像の色調補正を行なう技術の有効性を確認した。

### (2) レーザーポインタ光を用いた方式

現場で規格パレットが貼れない場合に対応するため、レーザーポインタ光を用いて画像の色調補正を行った。ただし、照射部にムラが無いことが必要条件であることが分かった。



色調規格パレットを用いた方式



レーザーポインタ光を用いた方式

## 2. 橋梁点検ロボットカメラの位置情報の保持

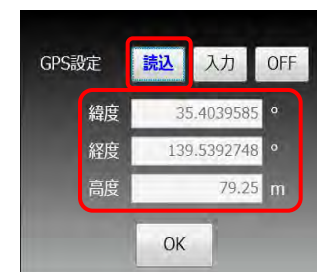
撮影画像データに撮影位置を特定する情報(GPS情報(カメラ雲台座標)、パン・チルト角度、倍率)を持たせることにより、**撮影時期が異なっても、同じ位置で撮影できる**ことを確認した。具体的には、GPS機器と点検ロボットカメラを接続し連動させ、カメラ操作端末上で、位置情報が確認できることで、同一箇所でのデータ取得を実現した。



GPS機器と点検ロボットカメラの連動



前回位置



操作端末に表示させた点検ロボットカメラの位置情報

## 3. デジタルカメラを用いた2次元および3次元写真解析

デジタルカメラ1台で撮影した場合には2次元形状を、2台で撮影した場合（ステレオ撮影）には3次元形状を計測できることを確認した。

### (1) 計測目盛機能を用いた非接触計測

解析する際、対象表面の基準となる目印相互の間隔（距離）が必要なため、橋梁点検ロボットカメラの計測目盛機能を用いた非接触計測の実用性を検証し、対象面がカメラに正対していない場合の精度向上が課題であることが判明した。

### (2) 計測日時異なる画像の位置情報を利用した時系列変化を捉えるシステム

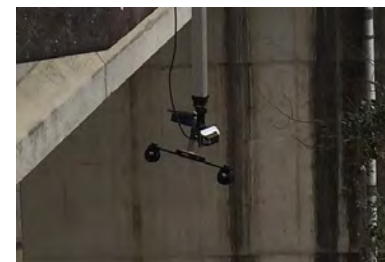
同一の対象物に対し異なる日時に撮影した画像について、重ね合わせで変化が生じた箇所を色違いで表示する機能を検証し、その技術が有効であることが確認できた。なお、撮影方向が異なっていた場合は、画像より特徴点を複数抽出して座標変換して同一方向の画像にすることで、画像の重ね合わせが可能となった。

## 4. レーザースキャナを用いた3次元解析

懸垂型架台に設置可能な軽量レーザースキャナの検討、架台に設置したレーザースキャナの位置制約を考慮したデータ取得の検討、屋外における計測適否を判断するための照度の評価を行い、それらの技術の適用性を確認した。



点検ロボットカメラ操作端末に表示させた計測目盛



デジタルカメラを用いたステレオ撮影



時系列変化のあった箇所を色違いで表示



懸垂型架台に設置したレーザースキャナ



レーザースキャナによる計測画像

モニタリングに使用するデバイスとして、橋梁点検ロボットカメラ、デジタルカメラ、レーザースキャナを選択できるようにすることで、桁端部・支承部のモニタリングに適した使用方法を提供可能とすることを目標としている。また、経年毎の損傷データが格納できるデータベースから成るWebシステムの構築により、現場からシステムにログインし、参照・編集可能とする。本システムの提供先(対象)としては、橋梁管理者、建設コンサルタントを想定している。



ロボットカメラ(懸垂型)を用いた桁端部のモニタリング状況

損傷の経時変化(写真)			
現場実証の回	1	2	3
撮影年月日	2015/3/9	2015/9/15	2016/1/13
写真番号	上:1401	上:2201 下:2202	上:3201 下:3202
径間番号	3		
部材名	主桁(Mg)		
要素番号	0104		
損傷の種類	ひびわれ		
損傷程度	-	b	c
写真			
写真			
特徴	-	ひびわれ幅=0.10mm	ひびわれ幅=0.20mm

調査結果の帳票(データベース化)

## モニタリングシステム実用化の流れ

点検用に流通している  
**市販製品**



実証フィールドにおいて  
**現場実証**



モニタリングシステムで  
**実用化**

損傷の兆候や変化の発見に役立つ、定期監視型モニタリングシステムの提供

<販売> 日立産業制御ソリューションズ  
SMCシビルテクノス

経時変化の抽出精度を向上  
非接触の計測機能を追加

モニタリングに適した  
バージョンアップ製品

## SIP 維持管理技術のアピールシート

平成 28 年 11 月 26 日

説明会参加者の理解を助けるため、SIP ホームページに公開されている SIP 維持管理技術の情報をもとに、メンテナンスアドバイザー (MA) のコアメンバーが事前に出した意見を記載しました。これに、技術の開発者からコメント (囲み部分) を加えていただきました。

## 1. 研究開発の技術名称 (研究責任者)

橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステムの創生 (藤原保久)

## 2. 技術の特徴

近接目視が困難な部位に対して、損傷状況の経年変化データの取得を可能とするモニタリングシステムである。

- ① 橋梁点検ロボットカメラ (レーザー距離計、照明を搭載した高性能カメラ)、デジタルカメラ、レーザー扫描仪を組み合わせ、それぞれの長所を活かしたモニタリングシステムである。

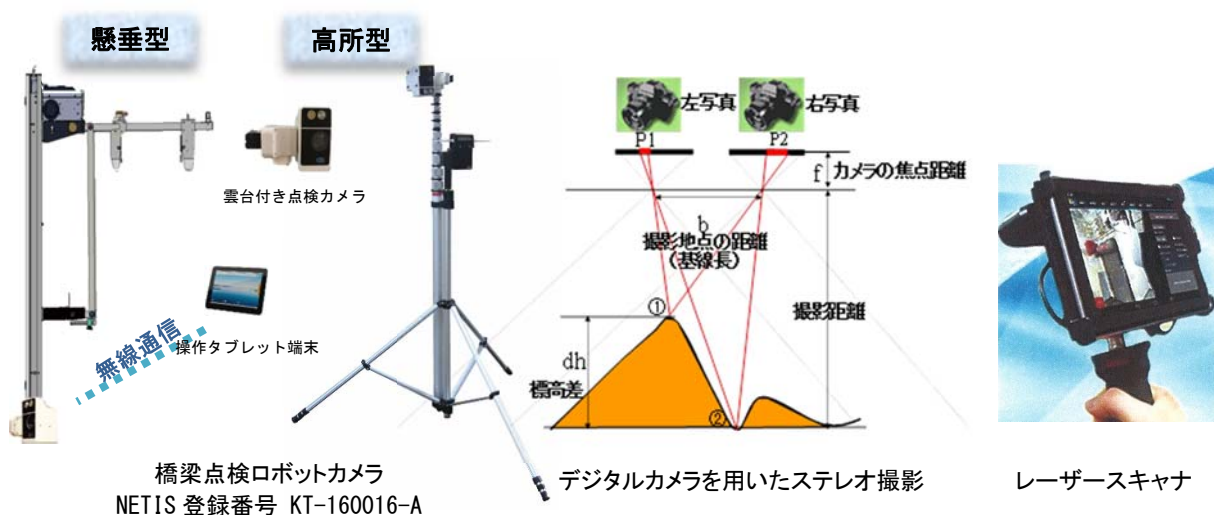


図 1 本モニタリングシステムで使用する機器

- ② 撮影時期が異なっても同じ位置で撮影できるように、撮影画像に詳細な位置情報を埋め込むことができる。



写真 1 GPS 機器と点検ロボットカメラの連動

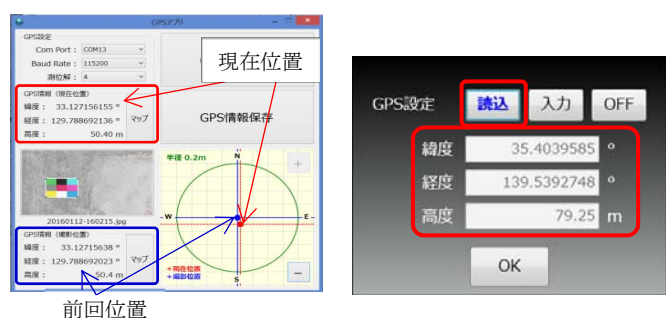


図 2 操作端末に表示した点検ロボットカメラの位置情報

- ③ 異なる日時に撮影した写真を重ね合わせ、変化した箇所を識別表示できる。



写真2 時系列において変化した箇所を着色表示した画像

【開発者からのコメント】

○ 橋梁点検ロボットカメラの概要

橋桁の下面や支承部など近接目視が困難な箇所に対して、ポールユニットを用いて視準可能な高さにカメラを据付け、点検、測定、映像記録採取を行う装置である。

カメラは、タブレット端末から無線通信により遠隔操作する。

ポールユニットは、懸垂型と高所型があり、懸垂型は、高欄にポールユニット基部を設置して、下方（最大4.5m）に伸ばすことができる。高所型は地上に架台を設置して、上方（最大10.5m）にカメラを伸ばすことができる。

本装置は、三井住友建設（株）と（株）日立産業制御ソリューションズとの共同開発である。

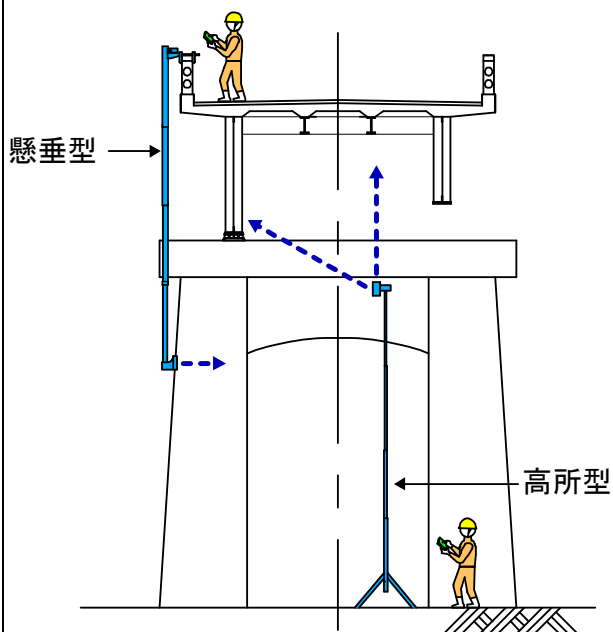


図3 橋梁点検ロボットカメラを用いた点検



写真3 高所型を用いての点検



写真4 懸垂型を用いての点検

## ○ 橋梁点検ロボットカメラの特徴

## (1) 作業安全性

- ① 橋面や離れた箇所から点検調査を可能とし、作業中の転落事故などの危険性を低減。
- ② 懸垂型は高欄の笠木に設置できるコンパクトなもので、点検時の交通規制を軽減。

## (2) 観察性能

- ① 光学倍率30倍レンズにより、20m先の0.2mm幅のひび割れが識別可能。
- ② カメラから対象物までの距離をLRF (Laser Range Finder (レーザー距離計)) により測定し、その距離に基づいて、操作端末 (タブレット) にクラックスケール・計測目盛 (写真5)、L型スケール (写真6) を表示させる機能を有している。これより、点検者が近寄れない部位の、ひび割れの幅や長さ等、損傷の大きさを計測可能としている。
- ③ 映像のコントラスト補正や霧除去、手振れ補正機能により「見る」をしっかりサポート。
- ④ カメラから対象物にLEDライトを照射することにより、暗所での点検が可能。

## (3) 機動性・操作性

- ① 懸垂型、高所型カメラともポールユニット込みの重量は14~15kgで一人で持ち運べる。
- ② 現地に到着してから5分程度で設置でき、速やかに点検作業が開始できる。
- ③ タッチパネル方式の操作端末 (タブレットPC) 画面から点検カメラを容易に遠隔操作可能。

○ 損傷をズームアップ (例：倍率 30 倍) して撮影した写真は、整理する段階になって、橋梁のどの部位を撮影した写真なのか分かり難いという欠点がある。そこで、同時にズームアウトした写真 (標準倍率 (1 倍)) を自動的に撮影する機能を持たせた。ズームアウトした写真内で、ズームアップした写真位置を赤枠で表示することにより対応付けられ、整理に役立つようにしている。

クラックスケール



a) ズームアップ写真 (光学倍率 30 倍)

b) ズームアウト写真 (標準倍率 (1 倍))

写真 5 低倍率自動撮影機能



写真 6 L型スケールの表示例

○ 同一箇所を撮影した画像において撮影日時が異なると、天候や明るさの影響を受け、損傷の経年劣化状況が適切に把握できないことがある。そのような環境条件の差異を排除するため、色調規格パレットやレーザーポインタ光を用いた色調補正技術を検討している。

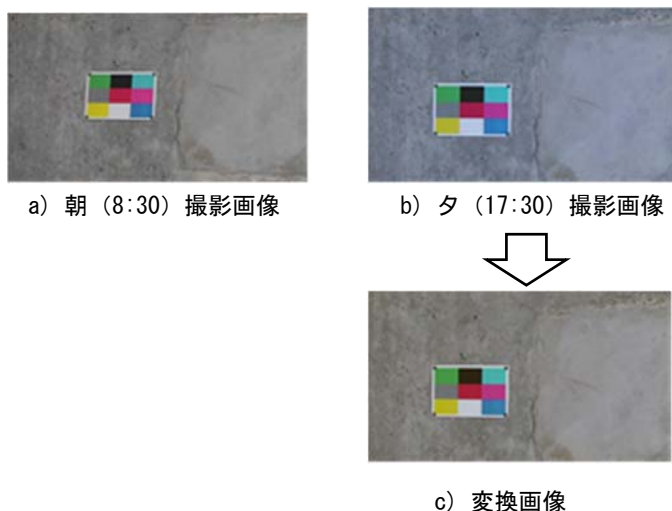


写真7 色調パレットを写し込んだ画像の色調補正

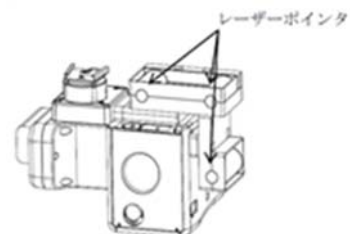


図4 レーザーポインタを設置した点検カメラ



写真8 コンクリート面に照射したレーザーポインタ光

### 3. 岐阜県内での想定される活用方法

- ① 法定点検で損傷が発見されたが直ちに補修することが困難な橋梁構造物に対して、対策までの損傷進行をモニタリングする場合に適用する。

#### 【開発者からのコメント】

本装置を用いたモニタリングは、計測機器を現場に常置させて行う方式でなく、1年に1～2度程度、点検ロボットカメラ等の機器を持ち込んで行う、定期監視型のモニタリングシステムである。

### 4. 活用の際での現状での問題点

- ① 既往の技術を組み合わせてデータ活用の高度化を図るものと思われるが、維持管理を行う上でどのような損傷や部位に対して適用できるかが、公開されている情報だけでは明確になっていないと思われる。

#### 【開発者からのコメント】

適用部位は、橋梁（コンクリート橋、鋼橋）の上部構造、下部構造、支承部等。

適用の対象損傷は、コンクリート部材のひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、鋼部材の腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化、支承部の機能障害、等である。

剥離・鉄筋露出等、部材の奥行き方向に損傷が生じているものは、3次元に把握可能なデジタルカメラ3次元解析やレーザースキャナによる計測が有効。

## 5. 活用に向けての課題

- ① モニタリングが必要な橋梁がどの程度あるのか、県内ニーズを確認する。
- ② UAV 技術と組み合わせることで、さらなる有効活用が図れないかを検討する。
- ③ KK クラックセンサーなどのハード技術と組み合わせることで、さらなる有効活用が図れないかを検討する。

### 【開発者からのコメント】

③の KK クラックセンサについては、コンクリート部材に貼り付け、ひび割れ開口に伴って生じる白色域の長さ変化を、橋梁点検ロボットカメラの計測目盛で遠方より測定する使用方法が考えられる。また、2.【開発者からのコメント】で説明した色調補正技術を併用することにより、時系列の変化がより客観的に把握できる可能性がある。

## 6. 課題の解決策

- ① ヒアリングの実施。
- ② 県内橋梁で、ポステン PC 桁のグラウト充填不足で主桁に遊離石灰を伴う事例および ASR が発生している事例が存在し、このような橋梁でモニタリング試験をしてみたらどうか。
- ③ そのようなモニタリングを進めていく中で、他技術との組み合わせを検討する。

### 【開発者からのコメント】

① モニタリングは、構造物に計測機器を固定配置した「常時監視型」モニタリングと、センサーやカメラ等を設置した移動体（車両等）を用いた「定期監視型」モニタリングに大別される。本モニタリングシステムは、「定期監視型」モニタリングであり、対象橋梁に定期的（頻度：1～2回／年程度）に機器を持ち込み、計測するものである。

モニタリングについては、SIP 受託業務として、長崎県 日見の手橋（ポステン 3 径間単純 T 桁橋、着目部位は桁端部および支承部）で H26 年度より実施している。

## 7. これまでに利用されている既存技術

### 【開発者からのコメント】

橋梁点検ロボットカメラは、2014 年 9 月より販売を開始し、これまで建設コンサルタント、補修会社、レンタル会社、民間会社に 40 台の販売実績があり、橋梁等構造物の点検に使用されている。

## 8. 本 SIP 技術の開発状況および開発完了時期

【開発状況】平成 26 年より長崎県 日見の手橋（ポステン 3 径間単純 T 桁橋）でモニタリングの現場実証を継続中。経年毎の損傷データが格納できるデータベースから成る Web システムの構築を行っており、現場からシステムにアクセスできることを検討している。

【開発完了時期】平成 30 年度に完了予定。本システムの社会実装は、平成 30 年度末までに行う計画である。

## 9. 技術の新規性（既存技術との比較）

□ 既存技術にはない全く新しい技術である。

■ 既存技術をより良くするものである

- ・ 調査者が脚立や梯子に昇って、近接する必要がなく、安全性が向上する。
- ・ 「2. 技術の特徴」に記した事項により、モニタリングや点検の高精度化が図れる。

## 10. 技術の適用範囲や精度

## ① 橋梁形式や構造部位に対する制限

→ 橋梁点検ロボットカメラの懸垂型架台は、橋軸直角方向に伸びる水平ポールを有していないため、ポステン T 桁の内部の桁や床版は見れない。

また、高所型ポールの最大伸長は 10.5m につき、高橋脚の橋梁の上部の方は見えない。

## ② 機器設置状況に対する制限

→ 懸垂型は、橋梁の高欄の笠木に設置するので、高欄上に、落下物防止柵が付いている箇所には設置できない。

## ③ 変状把握が可能な損傷と測定精度

## (1) 橋梁点検ロボットカメラ

橋梁点検ロボットカメラの、対象までの距離と視認可能なひび割れ幅は、以下の関係式である。

$$b = 0.01 \times d$$

$b$  : ひび割れ幅 (mm)

$d$  : カメラから対象面までの距離 (m)

すなわち、0.05mm 幅の場合、

カメラから 5m 離れ以内。

0.1mm 幅の場合、10m 以内。

0.2mm 幅の場合、20m 以内。

0.3mm 幅の場合、30m 以内。

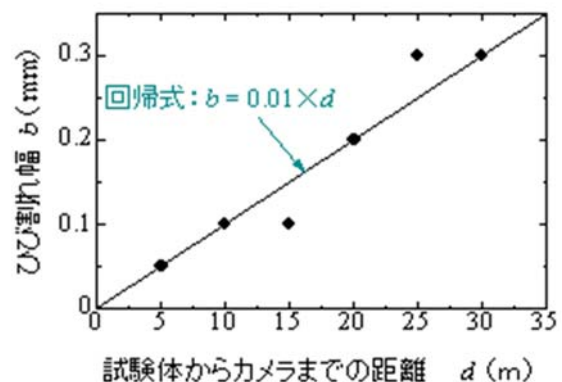


図5 対象までの距離と視認可能なひび割れ幅の関係

## (2) 3D スキャナ (DPI-7)

計測距離 : 0.6~4.1m

精度

測定距離	精度	最大誤差
1m	2mm	4mm
2m	6mm	9mm
3.5m	10mm	16mm
3.5m 以上	10mm	16mm



3D スキャナ (DPI-7)

## (3) デジタルカメラ

精度は、レンズの焦点距離、撮影距離により変わるため、要求精度に応じてレンズを選択する。

## 11. これまでの実績・成果等

■ 室内等での試験により成果が確認されている。

→ 橋梁点検ロボットカメラの性能は、弊社技術研究所のフィールドで実施した試験により、確認している。その試験結果は、NETIS 登録番号 KT-160016-A に登録している。

■ 実構造物での試験により結果を確認している。

→ 橋梁点検ロボットカメラの実用性や精度については、国土交通省 次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の推進（H26,27,28 年度）に応募し、現場検証を受け、その評価結果は、国土交通省 HP に公開されている。

<http://www.mlit.go.jp/common/001125338.pdf>

H27 年度現場検証では、最上位のクラスである「I：試行的導入に向けた検証を推奨する。」の評価が与えられた。

## 12. 実業務での利用時の対応

① 検査機器 1 式の導入コストは、どの程度となるか。（リース or レンタル）

→ 橋梁点検ロボットカメラの販売価格は、一式 280 万円（税抜き）。

販売：SMCシビルテクノス（株）

レンタルは¥30,000/日（ただし、最低 3 日レンタル（すなわち、¥90,000（=30,000×3）より）

GPS 機器、デジタルカメラ、レーザースキャナは、基本的に、市販品をユーザーが購入またはレンタルにより用意。

販売価格：GPS 機器 200 万円/台、デジタルカメラ 40 万円/台、レーザースキャナ 100 万円/台

② 利用時のコスト

→ 橋梁規模、点検 or モニタリング期間によって異なるが、NETIS 登録技術「橋梁点検ロボットカメラ」（KT-160016-A）に示している定期点検単価を参考として以下に示す。

新技術：橋梁点検ロボットカメラを用いた点検：132,000 円/900m<sup>2</sup>

従来技術：橋梁点検車を用いた点検：262,000 円/900m<sup>2</sup>

新技術の従来技術に対する経済性の向上率：50%

③ 利用者への教育

■ 利用者教育あり

■ 取扱い説明書での対応

- ④ 測定機器のメンテナンス体制  
→ 橋梁点検ロボットカメラのメンテナンスは、(株) 日立産業制御ソリューションズが対応。
- ⑤ この装置以外で、利用者側で準備すべき機器等  
■ 特になし
- ⑥ 既存技術では不要であったが、本技術では準備すべき事項・対応など  
■ 準備項目 (→ 橋梁点検ロボットカメラ懸垂型架台を設置するための、高欄から幅 1m 程度、交通規制を行う。)

### 13. 開発者から特に付記したい項目など

#### 【開発者からのコメント】

橋梁点検ロボットカメラは、「自動連続撮影機能」、「FHD (フルハイビジョン) 画像への高解像度化」、「L型スケールの精度向上」、「音声認識からテキスト文の自動作成」、「点検調書への画像の自動貼り込み」等の機能を逐次、盛り込んで (バージョンアップ) いるところで、さらなる使い勝手の向上を図っている。

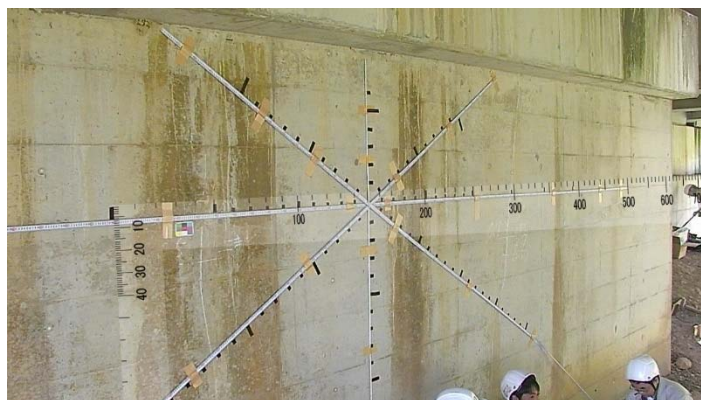


写真9 タブレット端末に表示させた精度向上したL型スケール

## SIP 維持管理技術へのアドバイスシート

平成 28 年 12 月 25 日

### 研究開発の技術名称（研究責任者）

橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステムの創生（藤原保久）

岐阜大学 SIP 実装プロジェクトの説明会（2016/11/26）における参加者の立場

MA（メンテナンスアドバイザー）：自由に意見を述べ、アドバイスシートに記入する。  
(14人)

オブザーバー：制約はあるが、意見を述べ、アドバイスシートに記入する。(4人)

聴講者：意見を述べず、アドバイスシートにも記入しない。(1人)

(合計回答者数 19人)

以下の記載は、※MA の回答を (→) で表記、オブザーバーの回答を (⇒) 表記する。

### 1. 実業務への適用範囲

提案されている技術のみで、実業務に適用できると思う。(4人)

既存技術の一部を補完する要素技術として適用できると思う。(8人)

他の要素技術や既存技術との組合せによって利用の可能性は広がると思う。(4人)

→伸縮できるようになれば適用性が拡大すると思う。

その他 (3人)

→このままで使えると思うが、どの場所で使うかを明確にすることが大切と感じた。

→限定的な範囲や条件になるが、現技術で視覚的なモニタリングは可能と考える（補修までのモニタリング）。ただし、溶接部の亀裂検出は困難であり、鋼橋への適用は難しいと感じた。

未選択 (1人)

### 2. 提案技術の利用についての実務面からの印象

積極的に利用したいと思う。(8人)

理由

→実証実験が結構行われている。

→タブレットによる操作により、作業効率が良さそう。

→導入コストの課題はあるが、使い易そうなので、使えるシーンがあれば発注者に提案したいと思った。

→高所型はすぐに利用したいと思う。

⇒本技術は、ポールカメラの高機能版と考えられた。ポールカメラは、近接目視が難しい箇所に対して既に実用化されている技術である。選択肢の都合上、「積極的に利用したい」としたが、実際に活用するか否かは、既存ポールカメラとの費用比較となる。

→機構上、監視部位に制限はあるが、変状の定期的監視と進展確認、記録保存などに有用である。

⇒積極的にとは言えないが、健全度ⅡやⅢの橋梁がたくさんある状況なので、定期的に定

点観測することで劣化速度が判定できれば、いつ補修、修繕していくのか劣化予測し計画していくことが容易になると感じた。

□ 発注者からの指示であれば利用する。(5人)

理由

- 説明にあったように、現在の代替技術として大変有効であると考えられる。
- のり面や擁壁の点検など、構造物の点検にも有効活用できると考えられる。
- 導入コストが高いため、もう少し安くなれば活用しやすい。
- ⇒近接目視が困難な箇所を補完する技術であるため。
- コストが高額ですので自主調査では活用しにくい。

□ 使えない(使いたくない)と思う。(1人)

理由

- 点検できる範囲が限られている。

□ 未選択(4人)

理由

- 橋梁全体、広範囲の定期点検には使えないのではないか。
- 特定位置の計測に限定して利用する。
- 確認された変状箇所のモニタリングに限り、当システムは可能である。  
新たな変状箇所を見つけるのは困難と考える。
- 橋に限らず、定期モニタリングに使えそうである。
- カメラとタブレットのシステム、色調補正、スケール機能などの機能が魅力的である。
- 桁下にアームが伸びないのが残念である。

### 3. 提案技術が優れていると思った項目

- 既存技術に比べて、提案技術が優れていると思われる項目、機能等
- カメラのズーム機能(30倍)。
  - 設置のスピード(5分)、軽量。
  - タブレットを使用し操作が簡易である。(MA1人、オブザーバー1人)
  - 定位置での定期観測、経時変化の測定、リモートカメラ機能。
  - 撮影精度が高い、照明機能が付いている。
  - 使い易さ、点検技術者が欲しいニーズが備わっている。
  - 10.5mの高さまでポールが伸びる。
  - GPS機能により、確認された変状箇所を特定できる場所。観測者が変わっても定点観測が可能であること。(MA1人、オブザーバー1人)
  - 計測精度が高いため、モニタリングが可能である。
  - 画像画面内にクラックスケール等を表示できること。(MA1人、オブザーバー2人)
  - コンパクトな定期モニタリングシステム。
  - 近景と遠景の同時写真記録。
  - ⇒低倍率自動撮影機能・色調補正(過去との比較)・あおり補正による連続写真(特に床版の損傷)が、現時点で現場で困っているため有効と考える。

- タブレットの中に、クラックスケールや L 型スケールを用いて計測できるところが他の技術にはなく、独創的で、非常に優れている。
- ⇒既存技術（ポールカメラ）は、撮影対象の計測ができないなど、点検、あるいは診断を実施するにあたって、やや性能不足と考えられた。しかし、本技術は、画面上でひびわれ幅を推定することが可能など、性能の向上が図られており、また、（多少大型だが）使い勝手もよいものになっている。
- 色調補正のアイデア。
- 既存技術(高性能カメラ、タブレットによる遠隔操作など)の組み合わせによるシステム構築技術。

#### 4. 提案技術への改良提案

- 岐阜県内での実装に際して、充実させて頂きたい項目、機能等
- 説明会でも意見が出されていたが、橋軸方向への移動、点検に対しての充実。
- 桁間の点検もできるようになると良い。
- 懸垂型に屈伸機能を付けてほしい。
- 画像の正対補正ができるので、1m でも桁下にアームが伸びるようにして欲しい。
- クラックを自動で判断できると良い。
- GPS で点検箇所を調整するとあるが、橋梁自体の温度伸縮等の補正は必要ないか。
- ポールユニットでは届かない箇所への対応。
- ひび割れの検出精度の向上を期待したい。
- ⇒現状、カメラ解像度が低く、ひびわれの検出にフォーカスすると撮影範囲が狭すぎるので、カメラ解像度の向上を図るとよい。高精細のモザイク画像自動撮影機能についても期待が大きい。
- 多少の風でも 30 倍ズームを使用可能か確認できると良い。
- ポールユニット改良、あるいはカメラの軽量化、簡素化などによる幅員方向へのカメラ移動を実現してほしい。
- 本機器は、「点検システム」というより、むしろ「着目した劣化部位の監視システム」という性格のものとする。「点検」をイメージした場合、本機器の移動自由度の低さからネガティブな印象を持ってしまうので、名称を工夫した方がよい。
- ⇒検出範囲を広げる工夫。
- ⇒橋台や支承周りの点検に有効だと思うが、桁や床版の確認に使えると良い。カメラを最大限下ろして上方を撮影し、斜め補正を利用すると桁や床版の確認ができるのではないか。

#### 5. 提案技術の別な用途での利用提案

- 開発意図とは異なる方面での利活用ができると思われる項目等
- 自走車両への設置。小型の橋梁点検車（人ではなくカメラのみ）としての位置づけ。歩道のみ通行規制で橋梁隅々まで点検する。
- 橋梁以外の道路構造物の点検。あらゆるコンクリート構造物の変状のモニタリング。

- 道路施設や鋼吊橋点検など。
- カメラ、タブレット機能が優れているので、橋以外、擁壁、幅員の狭い歩道橋、標識点検、照明に使う。
- ドローンとの組み合わせ。
- ⇒色調補正のパレットと、クラックスケールが一枚になると現場で効率化が図られると思う。
- 調査対象は橋梁だけでなく、道路標識、歩道橋などの道路附属施設などで活用できると思われる。
- ⇒倍率を上げる必要が生じるが、急法面・急斜面の変状確認。

## 6. 提案技術と他の新技術との組み合わせの提案

- 実装に際して他の技術と組み合わせると、更に使いたくなると思うこと等
- ドローンの浮力、磁石の利用。
  - コンクリート構造物を離れた位置で面的に見る、ひび割れ図を自動作成することで、簡単に調書をまとめることができる。
  - カメラにさらに望遠レンズを付けられないか。
  - クラック幅の延長の自動判断。
  - ⇒あおり補正により、連続写真とすることで床版等の損傷図作成の簡素化が図れると思われる。
  - 懸垂型の使用において、橋軸直角方向箇所の測定範囲が広がれば良いと思われる。
  - ⇒ポールカメラの高機能版とすることが利用者にとっても分かり易い。
  - 晴天時は UAV，荒天時はこの方式等。
  - KK クラックとの組み合わせによる劣化進展(特に、アルカリ骨材反応)監視の高精度化に活用できると考える。

## 7. 提案技術に対する技術的発展の期待度

本技術提案は、インフラ維持管理・更新・マネジメント技術として、システム化されたインフラマネジメントを構築でき、インフラの事故を未然に防ぎ、維持管理やメンテナンスの負担軽減を図ることが期待できますか。

- 大いに期待できると思う。(9人)

期待できる項目

- 実際の点検作業に最も近接した技術である。
- 橋梁以外のインフラで使えると思う。
- 幅員が2~3m程度の歩道橋で使える。
- 山間部では、幅員が2m程度の吊り橋がある。足場ムリ、点検車ムリ、という恐らくカメラしかない場所で使えると良い。
- 遠望からの点検。精度が向上する。
- 5年に1回の定期点検の間に進行しそうな損傷に対するモニタリングシステムとしては、使い易い技術と考える。
- ⇒近接目視点検が義務付けられたが、今なおやむにやまらずポールカメラなど、簡易な点検手法を使わざるを得ない自治体が存在する。それを踏まえたうえでの技術開発が望ま

れるが、遠距離での精度を上げる必要があり、むしろ高価で使えないものになる可能性もある。本技術は、地味であるかもしれないが確実にメンテナンスの負担軽減に寄与する。

□ 改良等を行なえば期待できると思う。(6人)

改良が必要と思われる項目

→懸垂型は外桁の変状確認には有効な技術だが、内側の桁や中間床版の確認ができないところが弱点となっている。

→重要な橋梁で注意を要する変状のモニタリングに使用すると良い。

⇒点検要領では、近接目視となっており、困難な箇所であってもロープアクセス等で対応している。一方、複雑な形状（支承部等の狭い隙間の奥を見たいなど）に対応できていない。また、写真だけであれば、ひび割れと蜘蛛の巣が見分けられていない。今後、客観的な指標により、人間の近接目視（聴覚、触覚、聴覚など）以上であることが認められ、点検を補完できるものになっていただけると非常に期待できると思った。

→近接目視と同等のひび割れ検出精度の確保ができると非常に良いと思われる。

→懸垂型の使用においては、橋梁全体の調査が網羅できれば、活用が広がると思う。

→設置撤去作業が頻繁に発生するが、その際に落下する危険がある。

→システムの更なるブラッシュアップにより劣化の進展監視の高精度化に役立つ。

⇒振動に対する画像精度対応が可能となれば、活用範囲も広がると思われる。

□ 本日の説明だけでは、期待できないと思う。(1人)

期待できないと思う理由

→カメラによる点検でクラックを漏れなく調査できるかが不明。

→人はクラックを見つけるとその場にマークするが、写真を撮った位置も残るが記録済みのクラックかどうか不明である。

全ての橋梁の面の画像を撮影して、事務所に戻って確認しても良いのでは。

□ 未選択 (2人)

→高欄からは使いにくいということだが、高欄から使えると使用範囲が広がるのではないかな。

8. その他 (自由な意見を記入してください)

→笠木に設置は何 m ピッチで設置か。

→橋梁点検に掛かった時間 (資料 23 頁) と人が点検した時間と比べて短時間になったのか。

→カメラの軽量化が望まれる。

→定期点検においては“近接目視の定義”等の改定の動向も踏まえた対応となりますが、ひび割れ損傷のモニタリングにおいては、すぐにでも活用できる技術であると思われる。

⇒高機能なポールカメラと言う視点に立った時、シンプルな機能かつほどほどの性能、軽量などといったバランスポイントを探った普及版の開発に期待。