

特集報文：現場の情報化・ロボット化

橋梁点検不可視部アプローチツールの開発

西山章彦・茂木正晴・藤野健一

1. はじめに

近年の社会インフラ老朽化に対応するため、平成26年度から橋梁についても総点検が義務付けられ、今後も5年に一度の点検が求められている。特に、橋梁の支承部のような、構造的に狭隘な目視確認の困難な箇所（以下、「不可視部」という。）の点検はこれまでも大きな課題であった。

独立行政法人土木研究所では、これらの不可視部へ近づくことができるフレキシブルアーム装置と点検によって得られた情報を整理するための点検記録システムにより、橋梁点検を効率的・効果的に遂行できる「橋梁点検不可視部アプローチツール」の研究開発に取り組んでいる。

本報文では、当技術を開発するに至った背景と橋梁点検に関する現場のニーズ調査及び課題、さらにそれを踏まえて決定したアプローチツールの開発目標としての機能概要について述べる。

なお、本技術は（独）土木研究所、（株）ビジュアルツール、（株）マルティスプの3者により共同研究を行っている。

2. 背景及びニーズ

2.1 橋梁の老朽化と維持管理

日本では、道路橋が70万橋を超え、10年後には竣工から50年経過する橋梁（2m以上）が全体の4割以上を占めるなど、橋梁の老朽化が急速に進んでいる。

多くの橋梁は、定期的な点検補修などの維持管理を行うことにより、竣工から80年以上経過しても問題なく利用されているが、これに対し、橋梁の健全性確保のために維持管理の点検・診断・措置・記録というメンテナンスサイクルを回すことが必須とされ、点検では5年に一度の近接目視による全数監視を実施することが道路管理者に求められている。

2.2 橋梁点検のニーズと課題

表-1 全国地方整備局実態調査結果に基づく維持管理ニーズ

キーワード	主な維持管理ニーズ	件数
点検車	○コンパクトで多用途な橋梁点検車が必要 ○足場を必要としない点検歩廊が確保できる点検車 ○既存の橋梁点検車の故障頻度低減	4
点検ツール	○映像での確認及び記録保存が必要 ○点検時に詳細設計情報が入手(記録)できるようなツール	4
点検車・ツール	○トラス橋や峡谷などに対応した点検車・点検ツールの開発	4
点検・保守ツール	○点検と清掃を同時に実施できるような点検手法の提示とツールの開発	1
点検手法・ツール	○点検精度の向上 ○不可視部分への点検手法と対応したツールの開発 ○簡易的な点検(巡回時等)における手法と必要ツールの整理(開発含)	5
点検手法	○経過年数・設置条件(環境)を加味した点検サイクルの見直し ○点検時間の短縮・点検作業の容易性→ツール等にも関連 ○近接目視が難しい箇所への対応方法	9
診断方法	○劣化の予想手法 ○劣化の判定基準	2
点検・診断手法	○診断に差異がでないように視覚的・定量的な点検手法と判断基準 ○診断の参考となるカルテの整理(診断項目の検討)	2
診断手法・データベース	○診断に差異がでないように視覚的・定量的な点検手法と判断基準に連携したデータベース ○診断の参考となるカルテのデータベース化	2
保守ツール	○橋梁の延命ポイント(支承部など)の整理と維持管理ツール(清掃装置など)の開発	3
データベース	○維持管理に必要となる項目の整理	2
補修概念	○維持作業のルーティン化(重要箇所の清掃、簡易的な補修項目の提示) ○診断から保守までの時間を短縮 ○点検時若しくは日常的な巡回等に対応できる簡易的な補修	5
技術者育成	○診断技術力の評価を定量的に位置付けるための診断士資格制度の設	1
構造・設計	○維持管理を考慮した設計	1

全国の地方整備局に対し橋梁点検の実態調査を行い、維持管理ニーズを表-1にとりまとめた。ツールの開発で対応可能な課題として、表-1から「狭隘部、不可視部等の近接目視が困難な箇所への対応」、「視覚的・定量的な点検手法」が挙げられる。

図-1に示すような人が近接して目視確認することが困難な箇所について、従来技術では困難であった狭隘部内を自在に操作できるアプローチツール、並びに正確な点検箇所位置情報を付加することにより橋梁を適切に維持管理できる点検記録システムの開発が望まれている。

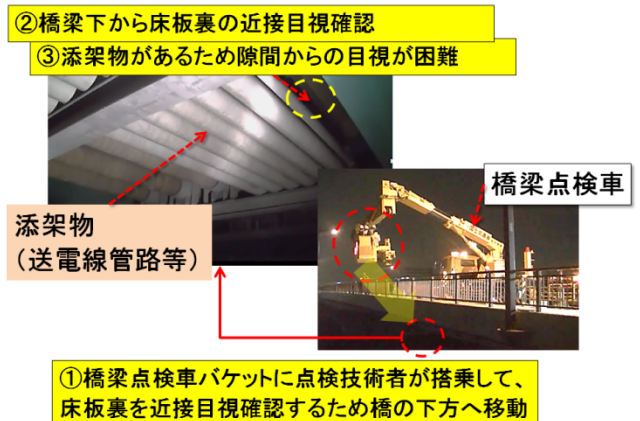


図-1 直接目視が困難な事例

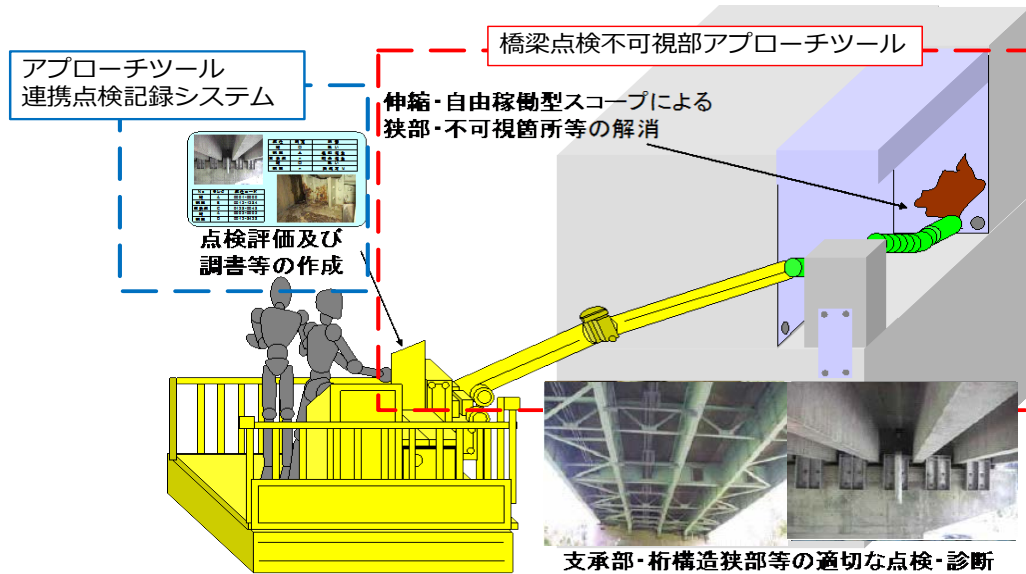


図-2 橋梁点検不可視部アプローチツール概要

2.3 ニーズを踏まえた要求性能

橋梁点検におけるニーズ調査結果を踏まえ、本技術に要求される性能を下記(1)~(3)のとおり設定した。

- (1) 【狭隘不可視部への対応】後に述べる「軌跡追従動作」により目視不可能な狭隘部内での操作が可能であり、且つ前回点検時の動作記録を再生することにより、2回目以降の自動操作を行うなど操作が困難な不可視部での操作簡略化に努める。
- (2) 【位置情報を付加した点検記録システム】位置情報を自動的に付加して点検結果を記録することにより、同一点検箇所の劣化状況を時系列に比較することが可能となる。
- (3) 【アプローチツール先端アタッチメント化】先端に搭載する機器をアタッチメント化すること

により、高性能な映像装置への載せ替えやカメラ以外のセンサー等、様々な計測・記録装置の搭載できる。

3. アプローチツールの機能概要

当技術の概要を図-2に示す。本技術はアプローチツール先端部と、ツールに連携した点検記録システムの2つの技術に分けられる。

3.1 アプローチツール先端部

図-2赤枠内において、緑色に着色された部分がアプローチツール先端部（可動ユニットを複数連結させた多関節マニピュレータ、以下アプローチツール）である。

このアプローチツールは、現在の点検に利用されている高所作業車や橋梁点検車等に搭載して点

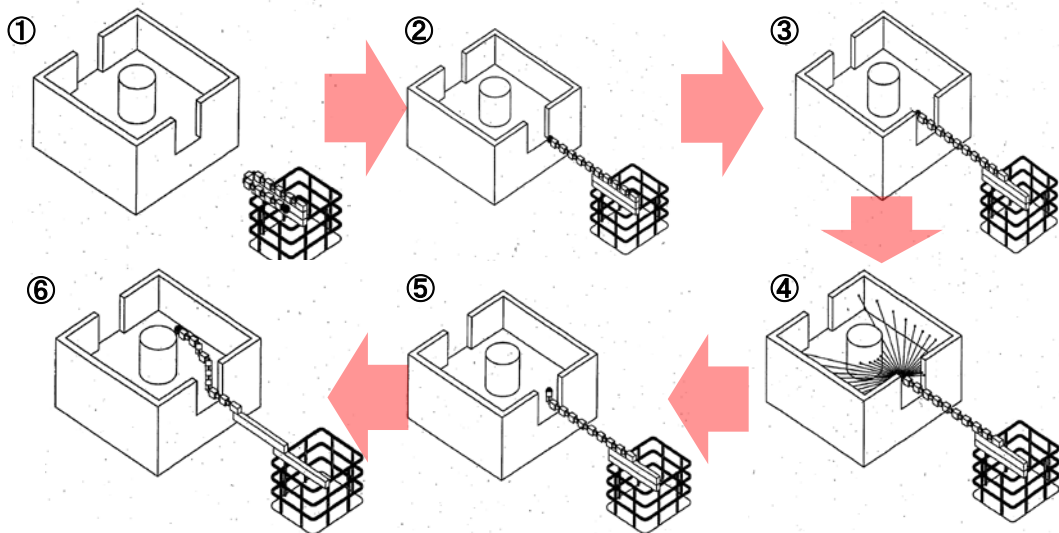


図-3 アプローチツール動作イメージ

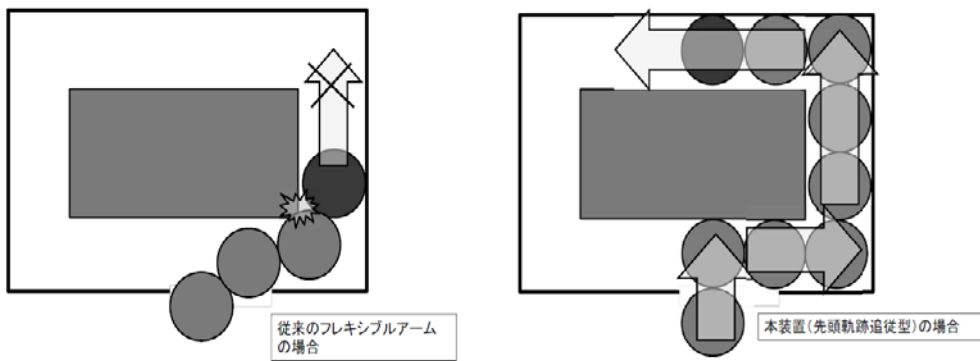


図-4 先頭ユニット軌跡追従動作

検箇所まで接近し、これまで目視点検が不可能な狭隘部に近接する際に使用する。また、先端にはカメラ等の映像装置や計測装置を搭載し、近接目視の代用として狭隘内部の情報収集を行う。アプローチツールの形状は、20cm～30cmの隙間へのアプローチを想定し、部品等の調達や製作可能な関節1ユニットの一边が約10cmの立方体形状となっている。

アプローチツールの動作は図-3のようになる。

- (1) 折りたたんだ状態で、橋梁点検車等を用いて点検箇所付近まで接近する (図-3①)。
- (2) 折りたたんだ状態のアプローチツールを伸ばす (図-3②)。
- (3) 狭隘部入口へ侵入する (図-3③)。
- (4) 周囲状況をレーザースキャナーにより把握する (図-3④)。
- (5) レーザースキャナーで都度周囲を確認しながら狭隘部内部の点検対象箇所へ近づく (図-3⑤,⑥)。

また、ユニットの動作は図-4のように先頭部の

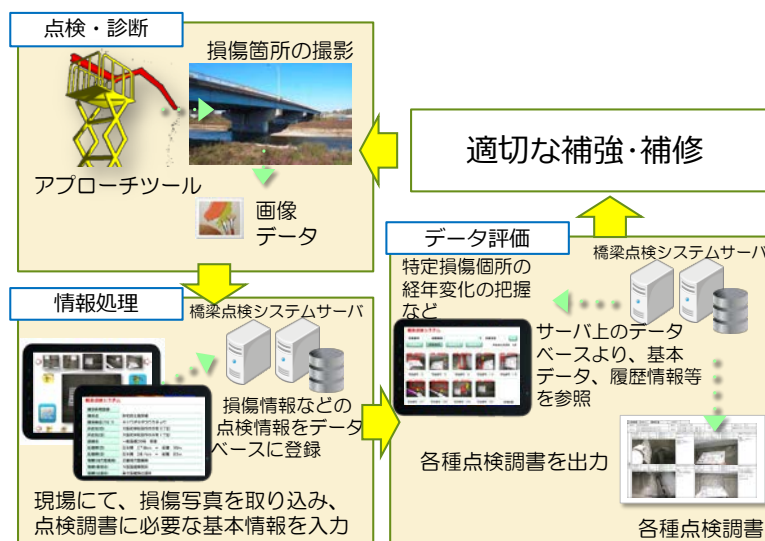
ユニットの軌跡を追従して次のユニットが通過する機構とした。この機構を用いることで、クランクやコの字といった複雑な形状の構造物に対して、内輪差が生じて途中で橋梁部材に干渉することなく点検記録を行うことができる。

なお、次回点検の際には、記録した座標情報を基に定点からの撮影が可能である。このため、対象とする点検箇所の過去の撮影結果を比較し、劣化状況を容易に把握できるシステムとなっている。

さらに、操作インターフェースとして、写真の取り込み、現場での基本情報の入力等、現地で点検結果の確認をタブレット端末で直感的に操作することができる。

3.2 点検記録システム

点検記録システムは、アプローチツールによって記録されたデータを図-5に示すような「点検・診断」、「情報処理」、「データ評価」、「適切な補強・補修」といった項目によって整理することで、橋梁の維持管理をより効率的・効果的に行うことが可能である。



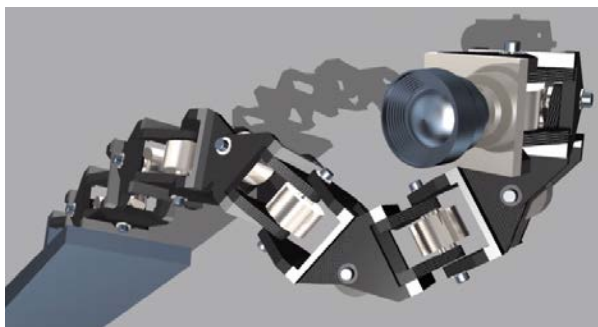


図-6 CGイメージ①

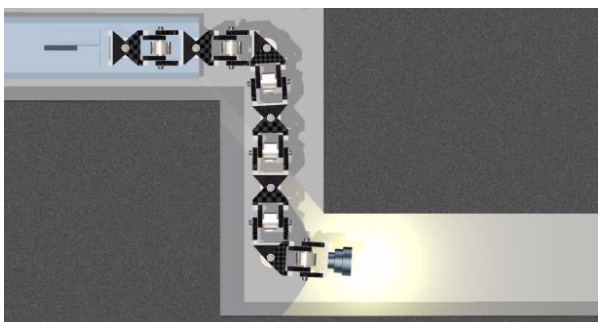


図-7 CGイメージ② (クランク内動作)

4. 今後の課題

本研究開発ではプロトタイプとして、可動関節部ユニット数を10個とした製作及び動作検証段階にある。今後は、実現場での活用(ユニット数20個)に耐えられる強度や操作性等について実用性評価を予定しており、2年以内の製品化を目指す予定である。

5. おわりに

以上、橋梁点検の現場ニーズ調査及び課題、さらにそれを踏まえて決定したアプローチツールの開発目標としての要求性能、そして機能概要について述べた。

社会インフラの老朽化への対策は、新設構造物では維持管理を設計に反映させることが可能であるが、既設の橋梁などは、現在の構造を前提として維持管理を実施せざるを得ず、目視確認をしやすい箇所も少なくないため、その難易度は高い。

しかし平成26年に改定された橋梁定期点検要領の改定で既存の橋梁に対し、遠望目視に替えて近接目視を行うことが求められ、さらに「近接目視が難しい場合でも適切な機器等を使用して近接目視を行うこと」¹⁾と述べられている。

既存の橋梁点検をより確実なものにするため、近接目視を補完するツールに対する強い要請があると考えている。その対応として本技術開発の成果を1日も早く現場で実用できるよう努力していきたい。

参考文献

- 1) 「定期点検要領」に関する地方公共団体への意見照会について(国土交通省道路局ホームページ)
- 2) 道路の老朽化対策「老朽化対策の取組み」(国土交通省道路局ホームページ)
- 3) 茂木正晴、藤野健一:「橋梁点検手法に関する実態と必要技術」、第66回土木学会年次学術講演会、第VI部門、pp.305~306、2011.9
- 4) 橋梁定期点検要領(平成26年6月国土交通省 道路局 国道・防災課)
- 5) 道路橋マネジメントの手引き(平成16年8月発行(財)海洋架橋・橋梁調査会)

西山章彦



国立研究開発法人土木研究所
技術推進本部先端技術チーム
研究員
Akihiko NISHIYAMA

茂木正晴



国立研究開発法人土木研究所
技術推進本部先端技術チーム
主任研究員
Masaharu MOTOKI

藤野健一



国立研究開発法人土木研究所
技術推進本部先端技術チーム
主席研究員
Kenichi FUJINO