

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

# 3D デジタル可視化技術で 鉄道構造物の目視検査を支援する

少子高齢化により労働人口が減少する中で、経年構造物が増加し、構造物の維持管理の重要性が高まっています。そこで、構造物の目視検査時に撮影した動画から、構造物を3Dモデルとして再現するシステムを開発しました。これにより、PCの中で構造物をあらゆる角度・距離から、何度でも見返すことができるようになります。ここではこのシステムによって生成できる3Dモデルについて紹介するとともに、その再現性について検証した結果を示します。

## はじめに

鉄道構造物は、他のインフラ設備と比べて経年が長く、維持管理の負担が増加しています。くわえて、少子高齢化にもなって労働人口が減少していくことから、鉄道構造物の維持管理をいかに効率化・高精度化するかが喫緊の課題となっています。

筆者らは、とくに構造物の目視検査を効率化・高精度化することを目的に、『目視検査支援システム』を開発してきました。このシステムは、検査対象となる構造物を、コンピューター上に3Dモデルとして再現し(図1)、その3Dモデルを検査に活用するというものです。ここでは、システムを概説す

るとともに、その3Dモデルの再現性について紹介します。

## 目視検査支援システム

本システムにおける3Dモデルは、構造物を周回するように歩いて撮影した動画のみから生成することができます。動画の撮影には市販のカメラを用いればよく、GPSやその他の特殊な器材を必要としません。また、撮影した動画を専用のソフトウェアに読み込ませると、半自動で3Dモデルが生成されます。このため、システムの導入が容易で、かつ画像処理の専門知識がなくても取り扱うことができるシステムとなっています。

	<p><b>小林 裕介</b> Yusuke Kobayashi 構造物技術研究部 鋼・複合構造研究室長</p>
	<p><b>増田 雄輔</b> Yusuke Masuda 構造物技術研究部 鋼・複合構造研究室 研究員</p>
	<p><b>笠原 康平</b> Kohei Kasahara 構造物技術研究部 基礎・土構造研究室 研究員</p>
	<p><b>向嶋 宏記</b> Hiroki Mukojima 信号・情報技術研究部 画像・IT研究室 研究員</p>
	<p><b>西岡 英俊</b> Hidetoshi Nishioka 中央大学 理工学部都市環境学科 教授</p>
	<p><b>望月 拓実</b> Takumi Mochiduki アジア航測株式会社 社会基盤システム開発センター 基盤システム開発部 社会システム二課</p>

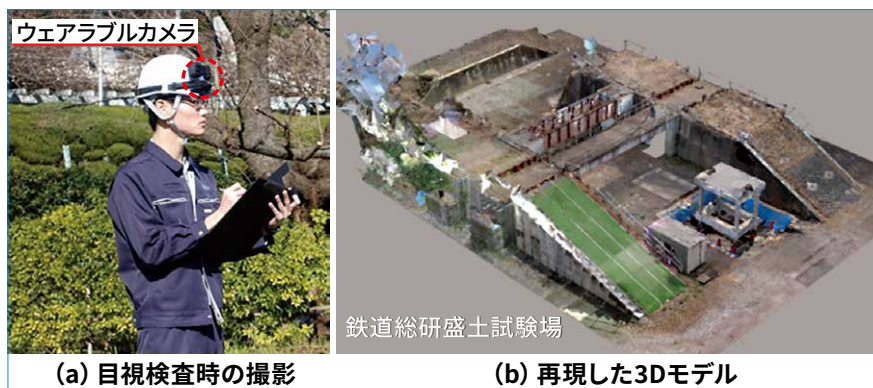


図1 目視検査時の撮影と再現した3Dモデル

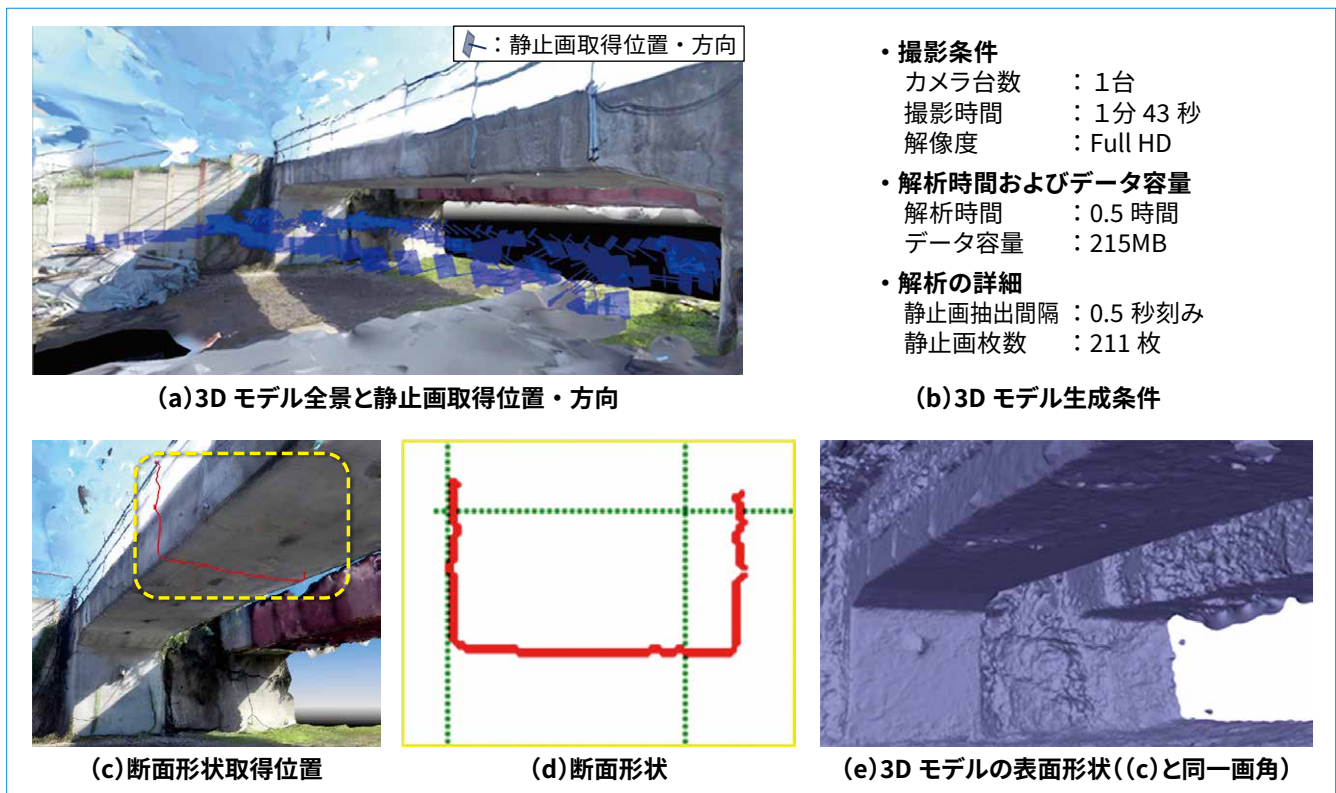


図2 RC試験橋りょうの3Dモデル

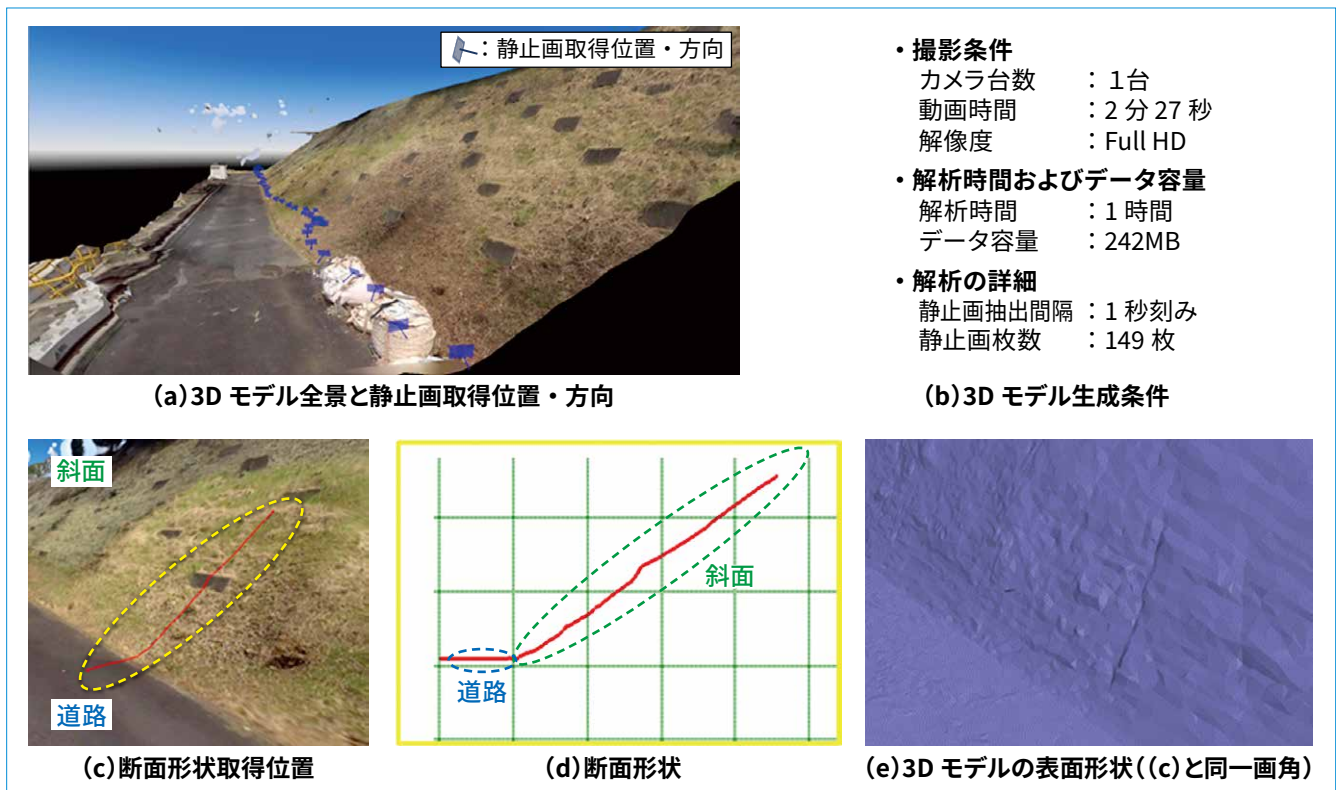


図3 自然斜面の3Dモデル

『目視検査支援システム』を利用するもっとも大きな利点は、事務所にいながら構造物全体を3次元で確認できることにあります。一般的な目視検査では、見つかった変状や気になった箇所

所についてのみ、写真やメモを記録として残します。この場合、後日、記録として残していない箇所の状態が気になったり、現場を見たことない人が、写真からだけでは3次元的な形状や位

置関係をイメージできないことがままあります。本システムでは目視した範囲をすべて3Dモデルとして残せるため、特段の作業負荷もなく検査記録としての情報量を大幅に増やすことがで

き、前述のような問題を解消することができます。

本システムは、このような使い方に  
くわえ、異なる時期に生成した3Dモデルを画面上で比較したり、3Dモデルから写真台帳を作成するといったことも可能であり、目視検査を効率化・高精度化することができます。本システムの詳細については文献1)を参照いただければと思います。

### 生成される3Dモデルの例

ここでは、目視検査支援システムを利用して生成した3Dモデルの例を示します。一つ目は、鉄道総研の所内に架設されているRCの試験橋りょうです(図2)。桁下を1分40秒程度歩いて撮影した動画から3Dモデルを生成しました。二つ目は、自然斜面の下を2分30秒程度歩いて生成した3Dモデルです(図3)。なお、本システムでは動画から静止画を抽出し3Dモデルを生成しているので、その静止画の取得位置や取得枚数なども図2、図3には示しています。

いずれも、短時間での撮影から3Dモデルを生成できており、本システムを利用することで、検査において目視したものすべてを、簡単に記録として残せることがわかります。また、断面形状なども取得することができるため、検査の記録としてはより高度なものとなっています。

### 複数カメラによる3Dモデルの再現性の向上

目視検査支援システムでは、ウェアラブルカメラをヘルメットに装着して対象構造物を撮影します(図1(a))。これは目視した方向の映像を確実に残すため、カメラを手でもって撮影をした場合に、目視した方向にたまたまカメラが向いておらず、大事な箇所を

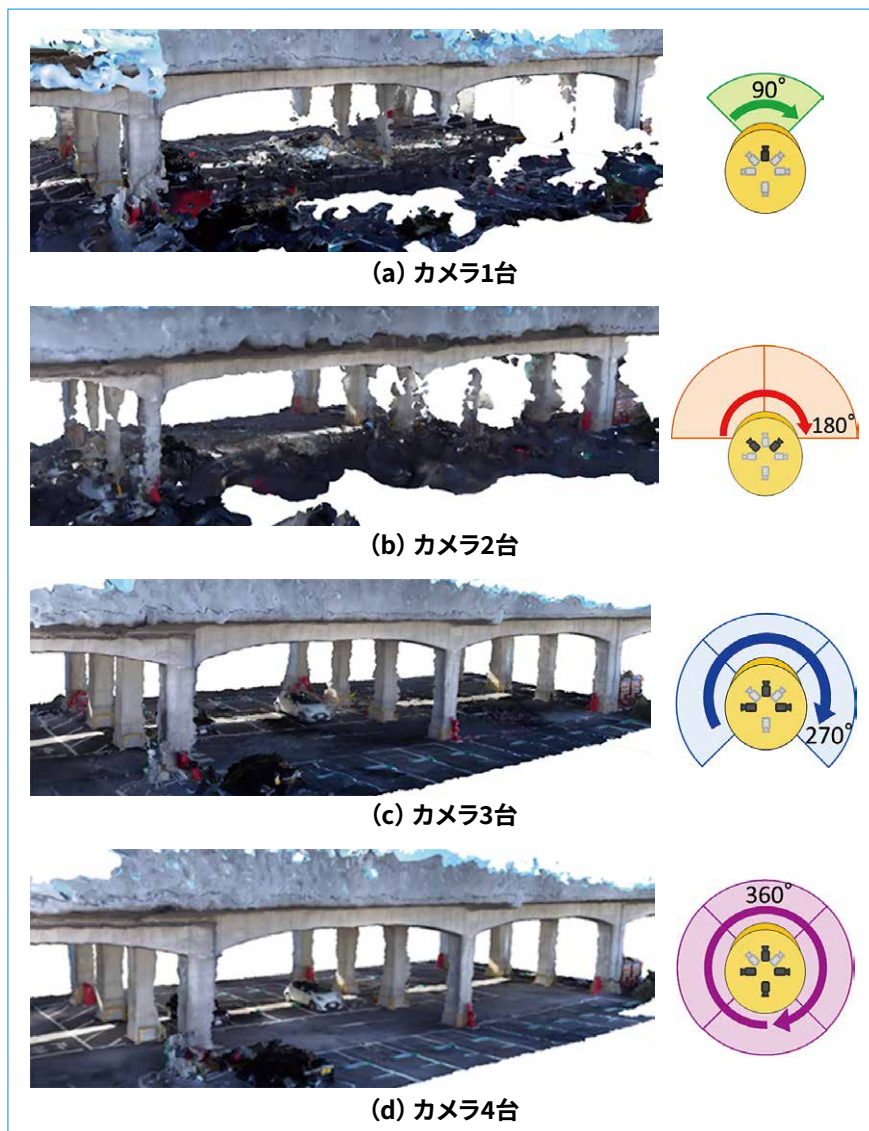


図4 RC高架橋の3Dモデルとカメラ台数

撮影しそびれるといったことを防ぐのが目的です。

このような撮影方法でも、対象の構造物の形状が複雑である場合などは、その構造物を3Dモデルで十分に再現できないことがあります。図4(a)はRC高架橋の3Dモデルで、カメラを1台だけヘルメットに装着して撮影した動画から生成しました。柱が再現できていないことが見て取れます。これは、柱同士が死角を作ってしまう、3Dモデルの生成に十分な撮影をできなかったことが主な原因です。また、検査では床版下面や柱・梁の接続部といった箇所を着目するため、上方向の撮影が

多くなり、柱の撮影が不十分となったことも原因です。

これに対してヘルメットに装着するカメラの台数を2台、3台、4台と増やして撮影の画角を広げると、図4(b)~(d)に示すように柱を含めたRC高架橋全体の3Dモデルの再現性が向上します。これは、撮影画角を広げたことで目視方向以外にも多く撮影できたことによるものです。このように、対象の構造物の形状が複雑な場合は、撮影画角を広げることで、その再現性を向上できることがわかりました。なお、ヘルメット上のカメラの台数を増やすと首が疲れるため、現実的には2

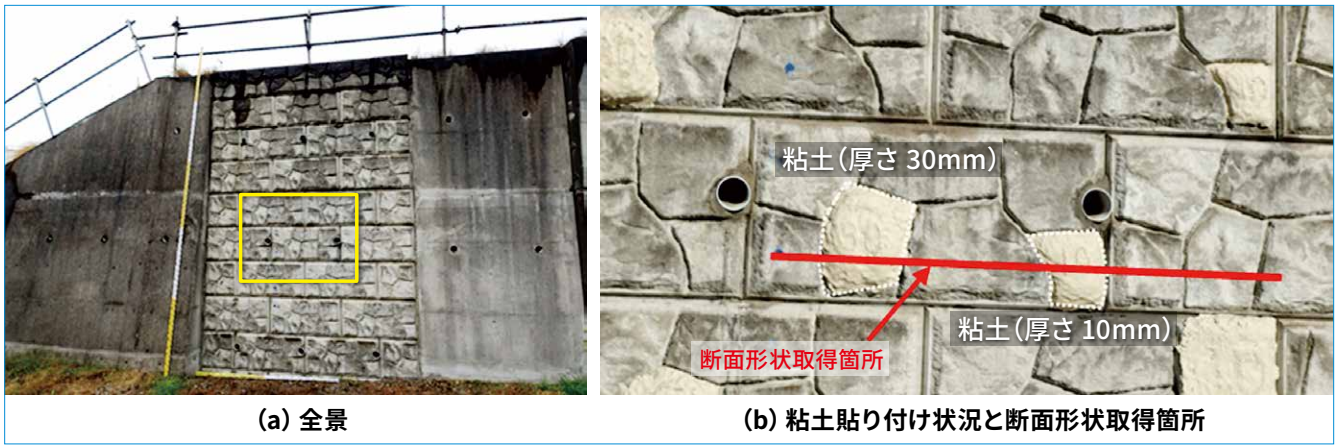


図5 石積み擁壁

台か3台で運用していただくことになると考えています。

### 3Dモデルによる変状抽出

3Dモデルは、構造物の状態を多角的な視野でとらえられることが利点ですが、3次元的な形状を利用することで、目視検査よりも変状の抽出確度を高められることも利点です。例えば、石積み擁壁において石が部分的に抜け出てきたとしても、前回検査時からの変化量が小さいと、目視だけでその抜け出しを抽出することは困難です。これに対し、検査するごとに3Dモデルを生成し、前回検査時との違いを断面形状などによって比較すれば部分的な抜け出しも抽出しやすくなります。

図5(a)に示す石積み擁壁の3Dモデルを生成し、積石の抜け出しをどの程度評価できるかを検証しました。3Dモデルの生成には、擁壁から2m離れた位置を歩いて撮影した動画を用いました。3Dモデルから取得した図5(b)に示す位置の断面形状を、図6に示します。なお、積石の抜け出しは粘土を貼り付けることによって再現し、断面形状の真値はレーザー計測で取得しました。図6に示すように、3Dモデルの断面形状から、積石の抜け出し量を十分な精度で評価できることがわかります。なお、撮影位置の影響を検討す

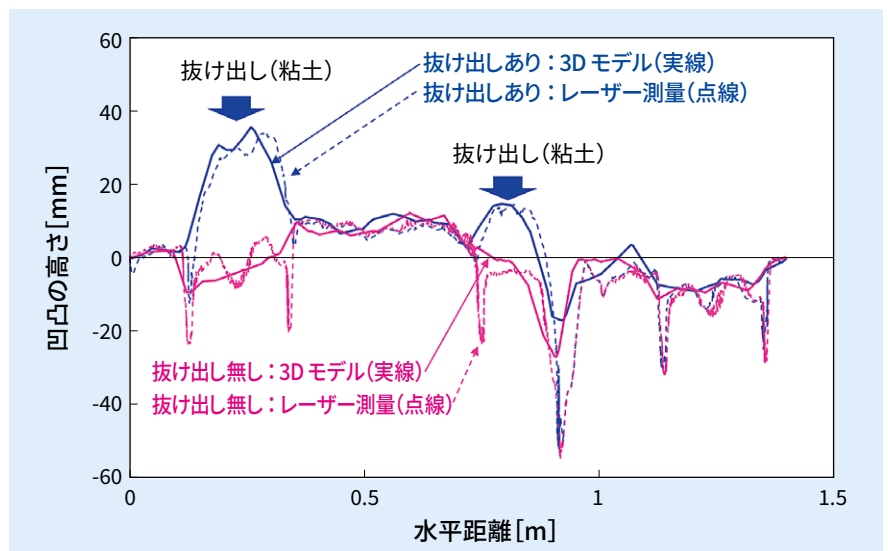


図6 3Dモデルから取得した石積み擁壁の断面形状

るため、擁壁から8m離れた位置で撮影された動画から3Dモデルを作成して同様の検証を行ったところ、抜け出し量を定量的に評価することは難しいものの、モデル全体として抜け出しが生じていること自体は評価可能なレベルであることも確認できています。よって、対象構造物から離れた位置からの撮影によって生成した3Dモデルでも、ある程度は変状を抽出できるものと考えています。

### むすび

目視検査支援システムで生成される3Dモデルを、その再現性の観点から紹介しました。ここで示したとおり、

3Dモデルの再現性は撮影方法に多く依存します。今後も、引き続き撮影方法について検討していき、目視検査により活かせるシステムとしていく予定です。

なお、変状抽出の比較検証のためのレーザー計測は、(株)オーピーティーに実施いただきました。ここに謝意を表します。[RRR]

### 文献

- 1) 小林裕介, 宮本祐輔, 笠原康平, 内藤直人, 向嶋宏記, 神馬和歌子: 構造物の三次元モデル化により目視検査を支援する, RRR, Vol.77, No.9, pp.8-11, 2020