

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

構造物の三次元モデル化により 目視検査を支援する

経年構造物が増加する一方で、少子高齢化により労働人口も減少する中で、構造物の維持管理の重要性が高まっています。構造物の目視検査時に自動撮影した写真のみを用いて、構造物を三次元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るうえ、検査を支援する機能により維持管理業務の効率化・高精度化を図ることができます。ここではこのシステムについて紹介します。

はじめに

鉄道構造物は、ほかのインフラ設備と比べて経年が長く、100年を超えるものも多くあります。経年により発生する変状も増えるため、近年、鉄道構造物の維持管理の重要性が高まってきており、かつその負担も増えてきています。そのような中、少子高齢化にともなって労働人口が減少していくことから、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。また、明治期から100年以上にわたって培ってきた鉄道の維持管理技術を、後世に確実に継承していくことも重要な課題といえます。ここでは、維

持管理の効率化・高精度化、技術継承のための一つのツールとして開発した『目視検査支援システム』について紹介します。

目視検査支援システムの概要

本システムは、検査対象となる構造物を、コンピューター上に三次元モデルとして再現し(図1)、その三次元モデルを検査に活用するというものです。三次元モデルは、目視検査をしている中でウェアラブルカメラによって撮影される写真のみから生成されます。

一般的な構造物の目視検査では、見つけた変状を中心に、写真と検査員



小林 裕介
Yusuke Kobayashi
構造物技術研究部
鋼・複合構造研究室
主任研究員
【専門分野】鋼構造



宮本 祐輔
Yusuke Miyamoto
前 構造物技術研究部
コンクリート構造研究室
副主任研究員
【専門分野】コンクリート工学



笠原 康平
Kohei Kasahara
構造物技術研究部
基礎・土構造研究室
研究員
【専門分野】地盤工学



内藤 直人
Naoto Naito
前 防災技術研究部
地盤防災研究室
研究員
【専門分野】斜面防災



向嶋 宏記
Hiroki Mukojima
信号・情報技術研究部
画像・IT研究室
研究員
【専門分野】コンピュータービジョン、画像処理



神馬 和歌子
Wakako Jinba
アジア航測株式会社
社会基盤システム開発センター
情報システム部 社会システム一課
技師
【専門分野】ソフトウェア開発

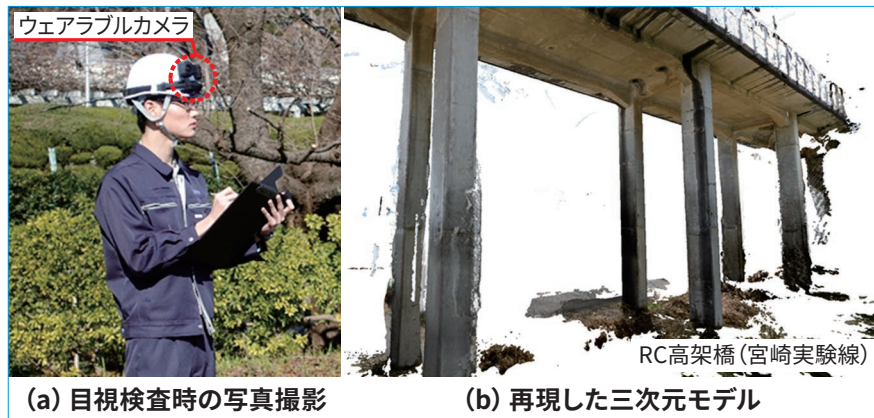


図1 目視検査時の写真撮影と再現した三次元モデル



図2 自由視点からの三次元モデル閲覧

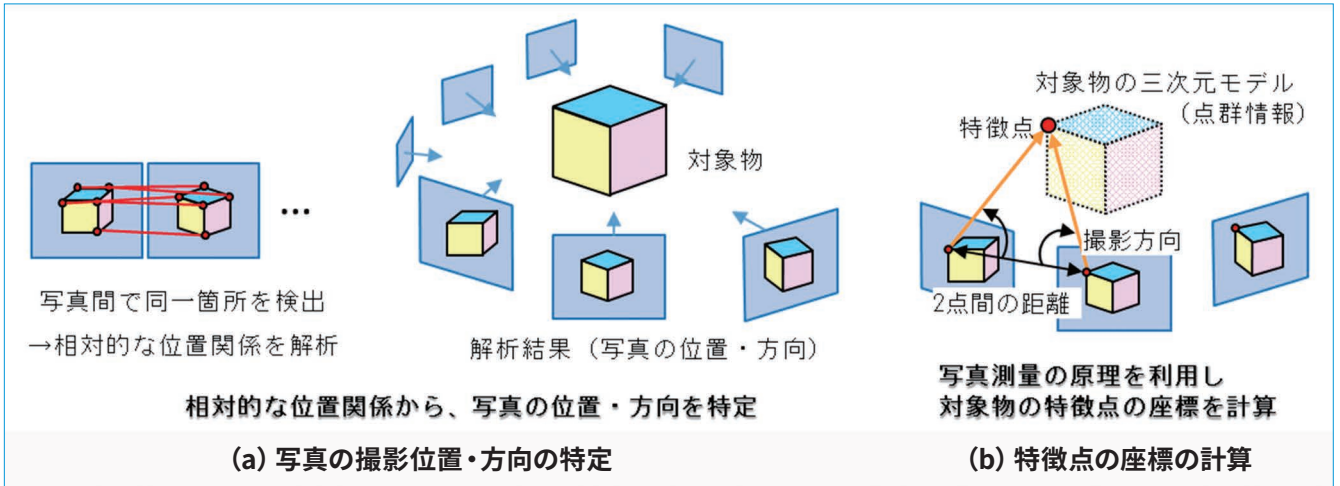


図3 SfMによる三次元モデル生成方法

のコメントのみを残しています。もちろん、万一に備えて変状以外についても写真を残したりしますが、その残す量に応じて撮影の手間、閲覧時の写真検索の手間などが増えます。それに対し、本システムでは検査時に人が目視したすべての情報を、手間なく三次元モデルとして残すことができ、かつ必要箇所をあらゆる角度・距離から瞬時に見返すことができます(図2)。

これにより、限られた時間の中で検査してきた構造物に対しても、事務所に戻ってから見返すことで、より多くの変状やその兆候に気付きやすくなります。また、熟練の検査員がすべての現場に赴かなくても、あらかじめ構造物の検査着目箇所を指導しておく、もしくは個々の検査結果を後日に精査するといった利用方法も考えられます。検査に限らず、補修・補強といった場

面でも、構造物全体を三次元的にとらえてその計画を策定することもでき、本システムが維持管理の効率化・高精度化、さらには技術継承へ大きな寄与を果たす可能性を秘めています。

本システムは、三次元モデルを生成するツールと、その三次元モデルを検査に活用するツールの二つで構成されています。以降、それぞれについてさらに詳細を紹介します。

三次元モデル生成ツール

本ツールは、検査の際にウェアラブルカメラで撮影した写真から、SfMという技術を用いて三次元モデルを生成します。SfMとはStructure from Motionの略で、多数の視点をもつ写真群から、対象物の形状を三次元の点群情報として再現する技術です。具体的には、画角が重複する複数枚の写真

から、写真どうしの相対的な位置関係を解析したうえで、写真測量の原理を利用し対象物の特徴点の座標を計算しています(図3)。

SfMを利用した三次元モデルの生成は、市販のソフトによっても可能です。ただし、ある程度の画像処理に関する専門知識がないと、ソフトを扱うことができず、三次元モデルを生成することは困難です。目視検査支援システムに含まれる三次元モデル生成ツールでは、この点を解消し、最初に簡単な諸設定をするだけで、あとは半自動で三次元モデルを生成することができます(図4)。したがって、画像処理に精通していない検査員でも扱うことができ、かつ、現場から事務所に戻ってきたら、ツールに写真を読み込ませておくだけで翌朝には三次元モデルができている、といった使い方が可能となっています。

本ツールにおいてSfMを利用した大きな利点は、三次元モデルを生成したい対象物の写真を撮影してくるだけでよいことです。現場へは市販のカメラのみを携帯して赴き、検査をしながら自動で撮影し続けるだけで、三次元モデルの生成に必要な写真が集まります。位置情報取得のためのGPSや、距離や形状を計測するための測量機器など特殊な器材は一切不要であることから、システムの導入に対する敷居は低いものとなっています。

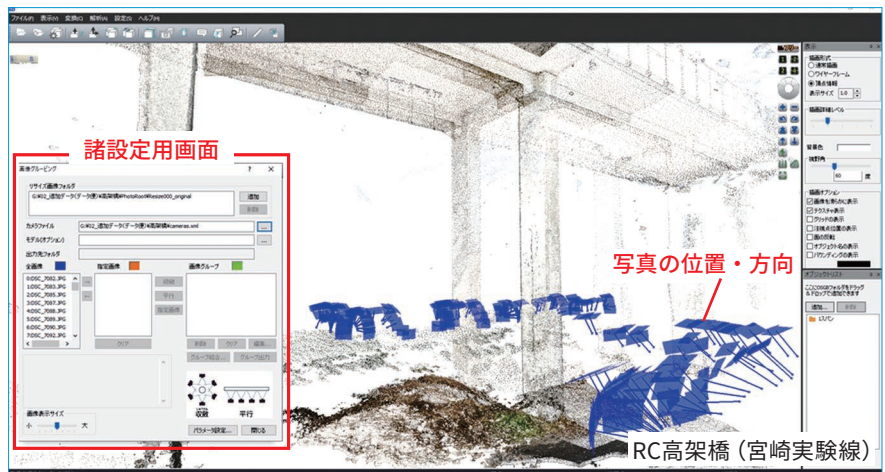


図4 三次元モデルの生成画面

検査の支援ツール

生成した三次元モデルに対する専用のビューワーについても新たに開発しました。このビューワーでは、三次元モデルをあらゆる角度・距離から見ることができます(図5)。また、検査ごとに三次元モデルを生成すると数も多くなりますが、線区ごと、キロ程順、もしくは構造物種別ごとといった形で、データベース管理をすることもできます。



図5 三次元モデルの専用ビューワー

本ビューワーの最大の特徴は、三次元モデルを活用して、検査を支援する機能をいくつか搭載していることにあります。一例を図6に示します。これは複数の三次元モデルを比べるツールで、一方のモデルを動かすと他方のモデルが同期して動く仕様となっています。また、この画面から構造物の形状を断面として取得することも可能で、たとえば盛土のへこみを比較することもできます(図7)。この機能を利用すると、検査した後に生成した三次元モデルを、前回検査時に生成した三次元モデルと比較することができます。つまり、構造物の現状と過去の状態を直接比較できるため、変状の発生やその兆候に容易に気付くことができますようになります。また、すでに変状が生じている場合などは、変状の進行の程度



図6 複数の三次元モデルを比べる機能

も容易に評価することができ、検査の高精度化に寄与するものと考えています。

ほかにも、写真の検索機能および台帳生成機能があります。一般に、検査で数多くの写真を撮影してくると、撮

影時や写真管理に手間を要します。とくに局所的に撮影した写真が、構造物全体のどの部位の写真なのか、何を目的として撮影した写真なのか判別できるよう、その概略を記した小さな黒板と一緒に撮影したり、写真のファ

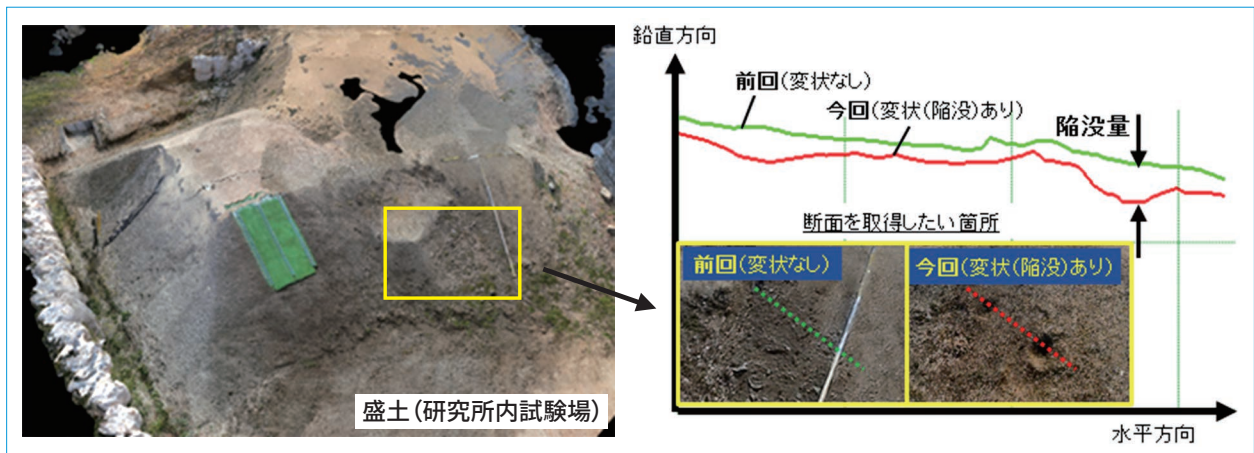


図7 断面取得機能を使用した変状の進行性評価



図8 任意箇所の写真の自動検索機能



図9 検査台帳生成例

イル名を逐一わかりやすいものに変えておく必要があります。時間を多く取られます。本ツールの写真検索機能は、三次元モデルの任意の箇所を指定すると、その箇所が写っている写真を自動検索できるものです(図8)。また、本ツールではここで検索した写真から、エク

セル形式の検査台帳を生成する機能も有しています(図9)。目視検査支援システムでは、検査時にウェアラブルカメラにより相当数の写真を自動撮影してきますが、このような機能により特段の管理をせずとも、見たい箇所の写真を三次元モデル上で簡単に検索で

き、かつそれを台帳にも利用できるため、検査時の撮影にかかる手間や検査後の事務所内作業の手間を大幅に削減することができます。

むすび

検査対象となる構造物を三次元モデルで再現し、かつそのモデルを活用して検査を支援する『目視検査支援システム』について紹介しました。ここではその機能の一部を例示していますが、検査を高精度化・効率化する機能や使い方がほかにもあり、また技術伝承のためのツールとしても利用できるものとなっています。

現状、システムはプロトタイプ的位置付けですが、実用販売に向けて実際の現場での試用を重ねています。試しに使用してみたいというご希望があれば、ぜひお問い合わせください。RRR