

# 3D レーザースキャナー（点群）を活用した料金所 点検高度化

阪神高速技術(株)設備事業部大阪設備監視室 河野 誠  
阪神高速道路(株)管理本部管理企画部施設保全課 大丹生 栞  
阪神高速道路(株)建設事業本部大阪建設部施設課 宮川 遥生

## 要 旨

阪神高速の料金所維持管理については、打診・触診を中心とした料金所定期点検と、目視を中心とした料金所点検を実施している。このたび、点検のさらなる効率化と高度化を目的に 3D レーザースキャナー（点群）を活用し検討した結果、従来の点検では確認が困難な料金所建物の変位・変化等を確認することができた。点群取得により点群データに加え、同時に 360 度写真の取得や、現在の料金所の状態をデータベースとして保存することができ、机上にて計測等も可能となるため維持管理の高度化、及び図面作成時の現地調査の省略化・効率化も併せて実施できる。これらの検討結果をまとめ、報告するものである。

**キーワード:**点群データ、点検高度化・効率化、維持管理

## 1. 背景・目的

阪神高速では多数の建築物がその機能を支えており、常日頃、適切な維持管理が求められている。一方、阪神高速は開通から 60 年が経過し、道路構造物のみならず付随する建築物も同様に老朽化が進んでいる。また、地震等災害時の BCP による耐震・浸水機能の強化、脱炭素をはじめとする環境への配慮、働き方改革による執務環境改善等、建築物維持管理への要求水準は高まっている中、料金所点検時等の保安規制によるお客さまへのサービス低下や渋滞の課題もある。

国内では、国土交通省が普及・推進を目指している『i-Construction』において、測量・調査、設計、施工、維持管理の各段階での 3 次元データや ICT を利活用した建設現場の生産性向上に向けた

取り組みが進んでいる。

阪神高速の建築物において、阪神高速道路株式会社、阪神高速技研株式会社、阪神高速技術株式会社（以下「技術（株）」という）の阪神高速グループ 3 社にて、維持管理の高度化・効率化を目的に 3 次元データの有用性を評価した。建物は、しゅん工図をベースに仕上材や設備等の情報を盛り込んだ BIM データを活用し、料金所は、建築限界や位置情報の把握、ブース等の特殊な形状等を取得できる点群データを活用した維持管理について検討することとした。

阪神高速の料金所維持管理は、打診・触診を中心とした料金所定期点検と、目視を中心とした料金所点検を実施しており、損傷、漏水、お客さま影響のある損傷（落下の恐れがある損傷や建築限界抵触等）がないか等の点検を行っている。本稿では、点群を活用し、料金所の損傷確認・目視で

は確認できない変位・変化の確認及び規制回数・規制時間の削減によるお客さまサービス向上に向けた「点検の高度化」について検証した結果を報告する。

## 2. 点群取得の試行プロセスと取得結果

### 2-1 点群の特徴について

点群とは、3D レーザースキャナーによって取得された空間座標を持った点の集合体をいい、形状が限りなく実物に近い3次元データが取得できる。また、それぞれの点には、色（R・G・B）や反射強度の情報の付与も可能である。点群取得には、地上設置型やドローンを使用した航空レーザー測量、MMS（車両を使った移動型3次元計測）、ハンディ型計測器等がある。

本稿では、高速道路上で最も建築限界に抵触する可能性が高い料金所で検討するため、精度の高い3次元データの取得ができる地上設置型の3D レーザースキャナー<sup>2)</sup>（機器名：Leica Geo Systems RTC360）を選定した。3D レーザースキャナーを設置した箇所（以下「器械点」という）からレーザー光を放射状に放出し、その光が対象部に反射して返ってくるまでの時間を計算することにより点群を取得し、併せて360度写真を撮影した（写真-1）。

### 2-2 料金所選定と取得・処理時間

阪神高速の料金所は、沿岸地域、市街地、山間地域等の立地に加え、土工部・高架部といった様々な場所に存在する。特徴として、沿岸地域の塩害のほか、山間地域での雪氷対策による塩害や

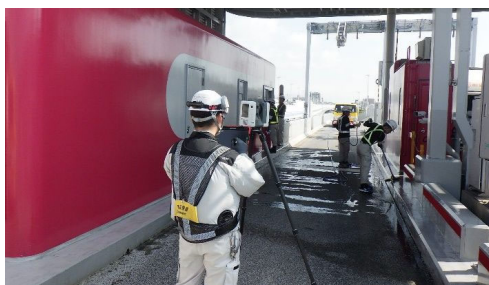


写真-1 点群取得風景

市街地での重交通、高架上での振動、さらには勾配がある道路上に建てられる等の変状要因が数多くある。埋立地（沿岸地域）や盛土上にある料金所では、地盤の不同沈下によりブースの傾きが確認されている料金所もある。技術（株）では、維持管理段階での3次元データの利活用を目的に2019年よりリニューアル工事毎に料金所における点群の取得に取り組んでおり、経年による変位・変化の比較検証を行うため、過去に取得したことのある料金所の中から、試行対象の料金所を選定した。

#### (1) 試行対象の料金所選定

過去に点群を取得している料金所の中から立地、連絡通路等の有無、その他特殊形状等の条件が異なる料金所を試行対象として選定した。試行対象の料金所として表-1に示す。

#### (2) 点群取得時の仕様設定と取得時間

点群取得時の仕様設定については、構造物の損傷を把握できることに加え、目視では確認が困難な変位や変化を確認できるデータ精度であることを条件とした。また、本作業が定期的の実施される料金所清掃と同時に点群取得が可能であるかについても確認した。これらの作業と並行して点群を取得できれば、規制回数や規制時間の削減につながり、維持管理作業の効率化が期待できる。今回使用した機器の設定仕様を表-2に示す。

表-1 試行対象の料金所一覧

料金所	立地	土工or高架	連絡通路	その他条件	旧データ
①鉄砲西	沿岸	土工	有り	独立ブース型	2019年11月
②南港中	沿岸	土工	有り	不同沈下	2019年11月
③梅田	市街地	高架	無し	特殊な屋根形状	2021年5月
④深江	市街地	高架	無し	—	2022年4月
⑤摩耶東	市街地	土工	無し	—	2022年4月
⑥前開西入口	山間	土工	無し	PC上屋、27°ス無し	2023年3月

表-2 RTC360 仕様詳細

設定・仕様	仕様説明	
スキャン密度設定	低(12mm@10m)	点群密度の選定が可能 密度が低いほど、点の数が減り、精度が低い 低<中<高
	中(6mm@10m)	
	高(3mm@10m)	
ダブルスキャン	2回のスキャンを比較し重複しているポイントのうち、手前にあるポイントをノイズとして削除	
カメラ機能	360度写真データの取得が可能	

スキャン密度は、「低・中・高」の3種類を設定した。器械点は、アイランド先端・大屋根前方・ブース前方・ブース後方・大屋根後方・アイランド後方がすべて確認できる最小限の1車線6点とした。

点群取得時に360度写真(写真-2)の撮影も併せて実施するため、カメラ機能はONとした。ダブルスキャンについては、取得時間の影響を確認するため、ONとOFFを設定した。各料金所における点群取得条件を表-3に示す。なお、過去に取得した点群データは、(以下「旧データ」という)は、スキャン密度「中」、360度写真ON、ダブルスキャンONで取得している。

### (3) 点群取得後の処理時間

点群取得後のデータ処理として、器械点毎の合成(器械点同士の位置合わせ)、ノイズ処理(人や車両等の必要のないデータ(図-1)を削除する作業)が必要となり、1料金所(2車線)あたり1時間程度の作業となる。

## 2-3 点群取得効率化の検証と結果

点群取得には、1料金所あたり33分~58分の取得時間が必要であることが確認できた(表-3)。点群取得や機器の設置等に時間を要したことで、料金所清掃員の大幅な待機時間が発生した。また、清掃員と測量機器との接触や清掃員・清掃車両による点群データ抜け、清掃に使用する水の反射による点群データの不備も確認されたことから現行の料金所清掃作業との同時作業による効率化(規制回数・規制時間の削減)は困難であることを確認した。検証結果を踏まえ、規制回数低減策として、料金所点検の同時作業により、規制回数を増やすことなく、点群取得を行った<sup>3)</sup>。

## 3. 料金所における点群の有用性の検証

点群データの精度の確認、料金所点検で確認されている損傷確認、及び目視では確認できない変位・変化の確認可否について検証した。検証には、埋立地に位置し、過去の点検で不同沈下が確認さ

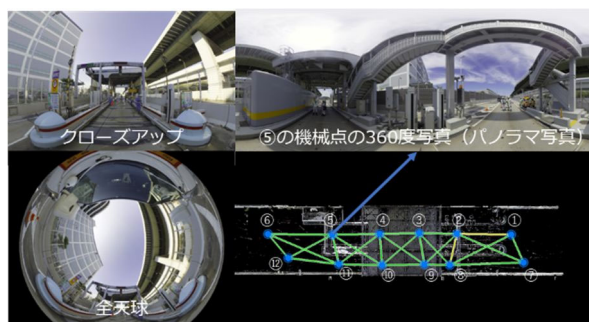


写真-2 南港中料金所 360度写真

表-3 点群取得条件と清掃員待機時間

料金所	点群条件				器械点	点群取得時間	清掃員待機時間	
	密度	カメラ	ダブルスキャン	1器械点当たりの時間				
①鉄砲西	高	ON	OFF	162秒	第1車線	6	29:00	09:00
					第2車線	6	29:00	12:00
②南港中	中	ON	OFF	111秒	第1車線	6	27:00	00:00
					第2車線	6	23:00	09:00
③梅田	低	ON	ON	111秒	第1車線	6	20:00	05:00
					第2車線	6	19:00	08:00
④深江	中	ON	OFF	111秒	第1車線	6	20:00	10:00
					第2車線	6	21:00	11:00
⑤摩耶東	中	ON	ON	161秒	第1車線	6	24:00	04:00
					第2車線	6	41:00※	21:00
⑥前開西入口	低	ON	OFF	86秒	第1車線	6	17:00	07:00
					第2車線	6	16:00	05:00

※機器のエラーが発生



図-1 点群データ ノイズ処理前画像

れている南港中料金所の検証結果について報告する。

### 3-1 点群データの精度確認

本検証で取得した点群データ(以下「新データ」という)を用いて建築限界、損傷確認、及び傾倒を実測値と比較し点群データの精度確認を行った。

#### (1) 建築限界の計測値に関する確認

高速道路上で建築限界に抵触する可能性が高い料金所の道路幅員やアイランド高さを点群データ上で測定した値と、現地で実測した値の差は最大2mm程度の結果となった(図-2)。

#### (2) 損傷・腐食についての確認

点群取得前に実施した料金所点検での損傷を点群データと360度写真で確認した。

点群データの反射強度、及び360度写真等で、構造体の塗装の剥がれが確認でき、他にも擦過傷、防護柱の腐食についても確認できた（写真-3）。

一方で、ボルトの緩みや建具の不具合、新規損傷の発見等は、点群データから読み取ることができなかった。

### (3) ブース傾倒の確認

過去より確認されているブースの傾き（写真-4）を点群データで検証した。メインブース全体が車線側に傾倒しており、点群データ上では51mm（2,200mmあたり）の傾倒、現地の実測値では49mm（2,200mmあたり）の傾倒であった（図-3）。誤差は2mm程度の結果となった。

これらの結果から、損傷や腐食は360度写真や点群反射強度によって目視確認が可能であり、建築限界や傾倒値は点群データを用いて、机上で寸法計測ができる。さらに、舗装面の打替えやアイランド補修、不同沈下等に伴う舗装面の高さ変化に対する建築限界を侵すリスクについても、点群データを用いることにより、机上で計測が可能となり、実測値と比較しても±2mm程度の誤差で採寸ができ有効性が確認できた。

### 3-2 点群データ比較による変位・変化について

旧データと新データを重ね合わせ、料金所内での変位・変化の測定を行う。点群データの重ね合わせは、データの形状を認識し、自動で重ね合わせが行われ、点群比較データが作成される（図-4）。カラースケールにより、青色0mm（変位なし）から、赤色30mm以上の変位で表示される。

#### (1) 連絡通路柱等の傾倒の検証

南港中料金所の点群比較データを作成し、構造物（連絡通路柱・ブース）の変位、傾倒の検証を行った（図-5）。

南港中料金所の連絡通路柱の傾倒については、比較データ上では変位のない青色の表示だった。変位量の有無を新・旧点群データで確認したところ、X軸方向の断面確認にて、旧データで4.6mm/m、新データでは4.4mm/mが第2車線側へ傾倒、Y軸方向の断面確認にて、旧データで0.9

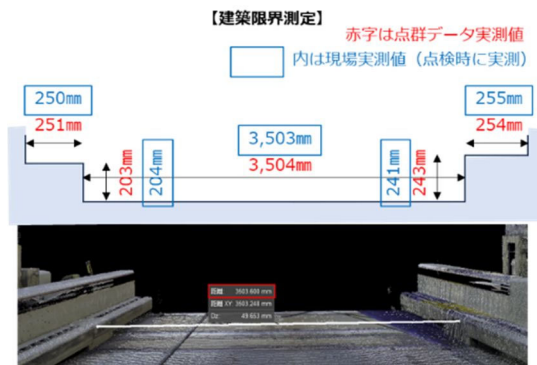


図-2 道路幅員・建築限界の測定



写真-3 塗装剥がれ点検事例

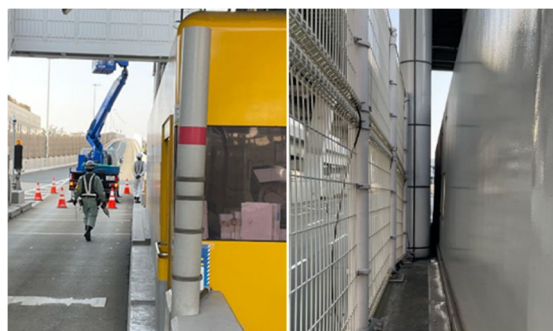


写真-4 南港中料金所 ブース傾き写真

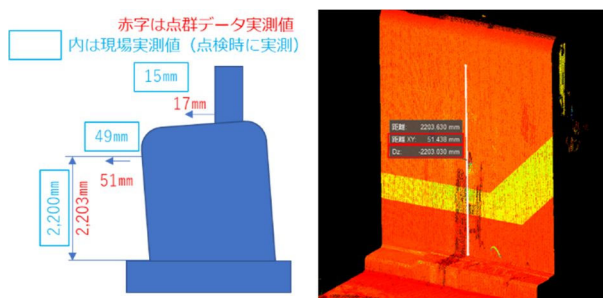


図-3 ブース傾き（23年10月時点）

mm/m、新データでは0.6mm/mが後方側へ傾倒を確認できた。この結果から、連絡通路柱の傾倒が認められるものの、変位がないことが確認された。さらに、旧データ取得時から3年9ヶ月経過した時点においても、傾倒の進行がないことが明らかとなった。3-1(3)で述べたブースの傾倒確認でも

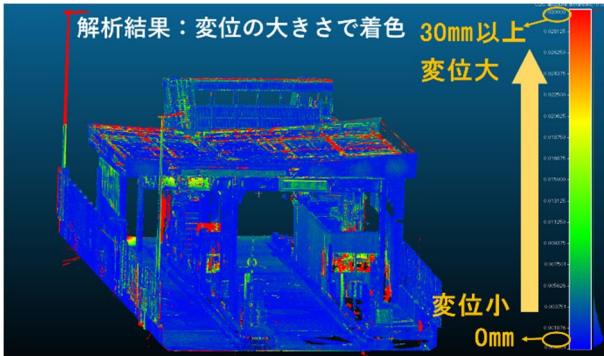


図-4 点群比較データ

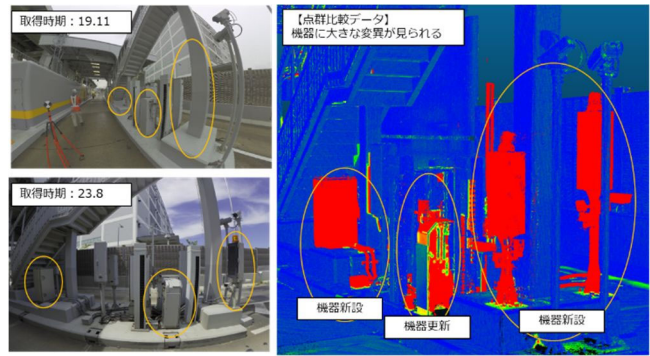


図-6 設備等の変位

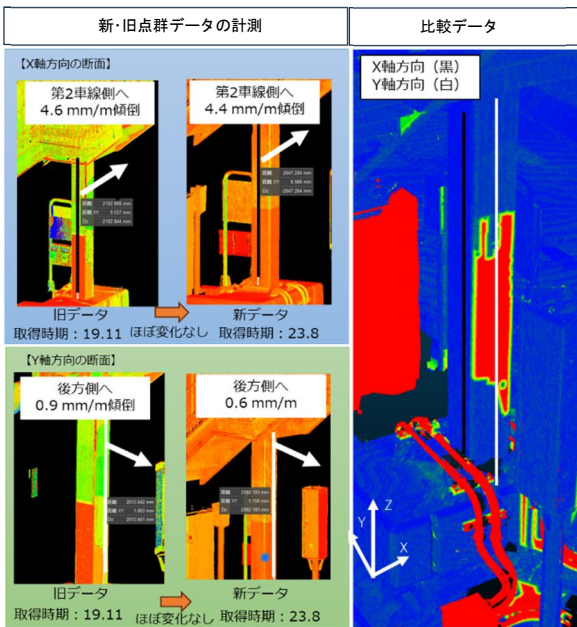


図-5 南港中料金所 連絡通路柱傾倒

点群データ比較では、変位は見られず、傾倒の進行がないことが確認できた。今後、傾倒進行による建築限界抵触の可能性もあるため、継続的に変位の観察を行う。

## (2) 設備等の変位の検証

設備等の機器更新に伴う変位や、新たに設置された機器等が変化として確認できた(図-6)。

## (3) 舗装面の変位の検証

舗装面については、舗装面を部分補修している箇所が変位として確認することができた(図-7)。

## (4) その他料金所の変位の検証

梅田料金所の点群データ比較を実施した(図-8)。旧データでは美装直後のポリカボネートが綺麗な状態であり、レーザー光が反射せず、対象部の点群データが取得できない状態であったが、新データではポリカボネートの汚損等にレーザー光

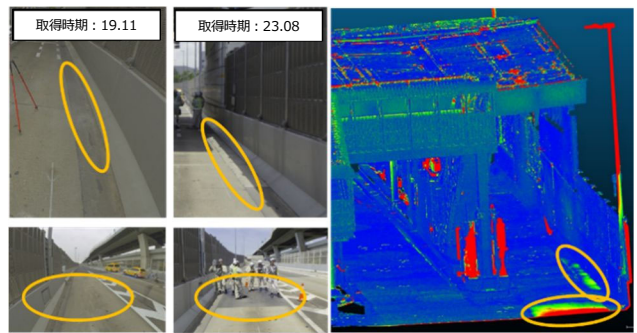


図-7 舗装面の補修に伴う変位

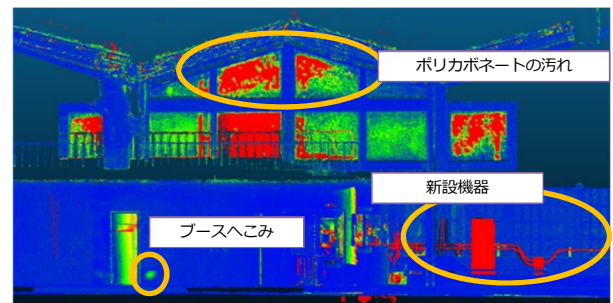


図-8 梅田料金所 点群比較データによる変位が反射し、対象部の点群データが取得できる状態であったため、変位として確認できた。ブースのへこみについては、旧データ取得以降に車両事故がありブース壁面に大きな損傷を受けた。補修をしたが一部へこみとして残っている箇所が見つかり、新設機器についても、3-2(2)と同様に変位として現れた。

## (5) 点群比較に必要なスキャン密度の検証

点群の比較データ密度の検証結果を表-4に示す。スキャン密度「低」でも、器械点を5~6mピッチでデータ取得を行っているため、それぞれの器械点から重複する箇所の点群が補完でき、形状は十分確認ができた。一方、点群データ比較においては、旧データ「中」⇒新データ「高」での

表-4 比較データの密度の検証結果

旧データ スキャン密度	新データ スキャン密度	比較データ検証結果
中 6 mm@10 m	低 12 mm@10 m	変位確認できる
	中 6 mm@10 m	変位確認できる
	高 3 mm@10 m	比較データ作成不可

比較を確認したところ、比較データの作成ができなかった。比較元のスキャン密度が低い場合、比較エラーがでるため、新データは、旧データよりも、スキャン密度を低くする必要があることがわかった。スキャン密度「低」でも形状確認ができることから、旧データ「中」⇒新データ「低」の比較検証が効率的となる。しかしながら、変位等を継続して観察するためには、比較元データのスキャン密度は高くしておく必要があるため、点群取得については、常にスキャン密度「中」にて取得し、比較データ作成時には、新データを「低」程度に点を間引くことで、実用的な運用が可能と考える。

#### (6) 点群比較への影響

点群を比較するにあたり新旧いずれかのデータに死角や反射材による点群抜けがある場合、比較データに大きな影響がある。今回の検証においても点群取得時に人・車両によってレーザー光を遮られた影（死角）が発生した（図-9）。

作業員によって、影（死角）とならないよう、点群取得時の設定でダブルスキャンを ON にすることにより点群抜けを防ぐことができる。

山間地域における料金所では、草木が残ったまま比較データの作成を行うと、大屋根の支柱や、ガントリー、アイランド等に差異が見られた（図-10）。全体の形状から自動で位置合わせを行うため、草木等の大きな変位を受けて位置合わせができなかった。

料金所とは関係のない部分（草木等）の範囲が広い場合には、ノイズ処理を特に慎重に行う必要があることがわかった。

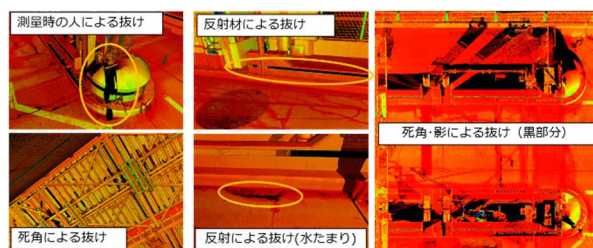


図-9 死角，反射等による点群抜け

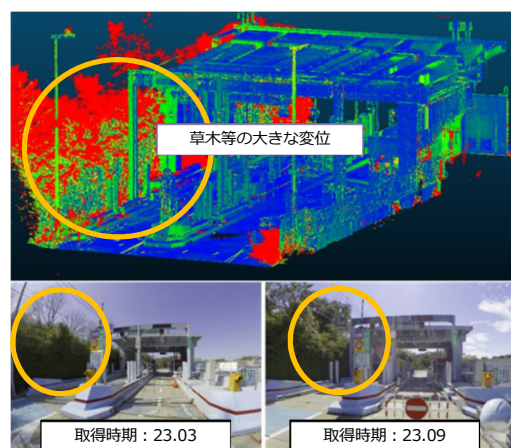


図-10 山間地域における比較データ



図-11 HEXA-BIM 点群モデル（例）

## 4. 阪神高速 BIM プラットフォームへの展開

阪神高速 BIM プラットフォームでは、建物は BIM モデルと点検情報を連携させることで視覚的に点検情報を把握することができる HEXA-BIM が実装されている<sup>4)</sup>。料金所においても、点群データ及び360度写真のデータ蓄積を行い、視覚的に閲覧できる仕組みを構築し、BIM と同様、点検情報との連携を推し進めている（図-11）。

## 5. 今後の点群データの活用展望

### 5-1 自然災害等による影響度の解析

料金所点群データの蓄積により、自然災害等（地震による液状化、津波・高潮による冠水）の影響で構造物に変位・変化の発生が懸念された場合、旧データと事象発生後のデータを比較することで、事象による影響度を解析し、早期に復旧するための仮設計画や補修計画の検討に活用が期待できる。

### 5-2 点群利活用範囲の拡大

点群の活用は、料金所のみならず、建物においても期待できる。阪神高速に付随する建物は、道路構造物上やその路下に建設されているものも多く、仮設計画や補修計画を作成する際に必要な周辺環境の位置情報も点群を用いて取得することができる。また、現在、土木の維持管理でも3次元データの活用に向けて検討が行われていることから、今後は土木 CIM との統合等も期待される。

### 5-3 比較解析の自動化

今後、発展が見込まれる AI 等の活用により、点群データのノイズ処理や点群比較データの作成、比較検証等の自動化により、更なる高度化・効率化が期待される。

## 6. まとめ

測量・調査、設計、施工、維持管理の各段階におけるシームレスな3次元データの利活用を推進する『i-Construction』の取り組みが進むなか、本稿では料金所維持管理において点群を活用できる

ことが確認された。従来の点検では確認が困難な構造物の変位・変化や傾倒値、各種機器の更新状況等、従来とは異なった視点での状況確認ができたことや、点群データの重ね合わせを継続して実施することにより、傾倒の進行状態を掴むことができ、今後はさらに進んだ維持管理の高度化が期待できる。

一方で、点群のみを活用した点検は、目視・打診・触診を中心とした従来の点検の代用とはならないため、維持管理の高度化には現行の点検と併せて点群を活用することが望まれる。また、今回の検証では、現行の料金所清掃作業との同時作業による効率化には繋がらなかったが、点群データを活用することで、補修図面の作成や工事の仮設計画立案のために必要な測定等の現場調査が、机上作業へとシフト可能（規制作業の縮減）となり、総合的にはお客さまサービスの向上へ繋がるものと考えている。

現状の点検品質を維持しながら、点群の活用を念頭に、引き続き維持管理の高度化・効率化に向けて、点検周期の最適化検討や点群活用のフロー・マニュアルの整備等を推し進めていきたい。

### 参考文献

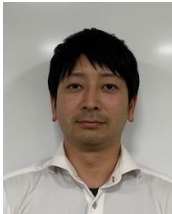
- 1) 国土交通省：3次元データ利活用方針  
[https://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08\\_hh\\_000455.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000455.html) (2024年3月25日閲覧)。
- 2) Leica RTC360 (カタログ)：  
<https://leica-geosystems.com/ja-jp/products/laser-scanners/scanners/leica-rtc360> (2024年3月25日閲覧)。
- 3) 大島和輝，峯知輝，出所直樹：阪神高速 BIM プラットフォーム「HEXA-BIM」の更なる発展～BIM・点群運用にかかる要素の検証～，阪神高速道路第57回技術研究発表会論文集，2025。
- 4) 寺村省吾，峯知輝，福浦健治：BIM プラットフォームによる建物管理システム「HEXA-BIM」の構築，阪神高速道路第56回技術研究発表会論文集，2024。

## ADVANCED TOLL PLAZA INSPECTION UTILIZING 3D LASER SCANNERS (POINT CLOUDS)

Makoto KAWANO, Shiori ONYU and Haruki MIYAGAWA

Maintenance of toll plaza on the Hanshin Expressway mainly involves manual inspections using hands and tools like hammers, as well as visual inspections. This time, with the aim of further streamlining and enhancing inspections, we investigated use of 3D laser scanners (point clouds) and found it was possible to identify displacement and changes in toll gate structures which conventional inspections could not detect. With current condition of toll gates stored in a database, measurements can be performed even at a desk. This greatly improves maintenance management and also contributes to streamlining or elimination of on-site surveys necessary for creation of drawings. This report summarizes these findings of this study.

河野 誠



阪神高速技術株式会社  
設備事業部 大阪設備監視室

Makoto KAWANO

大丹生 栞



阪神高速道路株式会社  
管理本部 管理企画部  
施設保全課

Shiori ONYU

宮川 遥生



阪神高速道路株式会社  
建設事業本部 大阪建設部  
施設課

Haruki MIYAGAWA