

(86) 社会インフラの維持管理における点群データの プロダクトモデル化の有効性に関する検証

大月 庄治¹・今井 龍一²・中村 健二³・塚田 義典⁴・
梅原 喜政⁵・田中 成典⁶・平野 順俊⁷

¹ 学生会員 関西大学大学院 総合情報学研究科 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1)

E-mail: k617301@kansai-u.ac.jp

² 正会員 法政大学教授 デザイン工学部 (〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33)

³ 正会員 大阪経済大学教授 情報社会学部 (〒533-8533 大阪府大阪市東淀川区大隅 2-2-8)

⁴ 正会員 摂南大学准教授 経営学部 (〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8)

⁵ 正会員 関西大学特命助教 先端科学技術推進機構 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1)

⁶ 正会員 関西大学教授 総合情報学部 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1)

⁷ 正会員 株式会社日本インシーク 技術本部

(〒541-0054 大阪府大阪市中央区南本町 3-6-14 イトウビル)

日本の社会インフラにおいて、建設後 50 年以上経過する施設の割合は増加傾向にある。加えて、今後、建設業就業者は減少すると推計されており、社会インフラの適切な維持管理が困難となる。この課題に対して、BIM/CIM の活用で維持管理を高度化・効率化する手法が提案されている。しかし、全ての既存施設を BIM/CIM 化するには多くの時間と作業者のスキルが必要である。そのため、BIM/CIM の代替アプローチとして点群データの活用が考えられるが、高度な維持管理のためには地物ごと・部位ごとの点群データの整備が必要である。そのため、点群データの属性管理仕様によって整備される点群データのプロダクトモデルと BIM/CIM の比較を行い、整備コストと作業難易度を明らかにした上で、それぞれの手法の適用性を検証する。

Key Words: *infrastructure, BIM/CIM, maintenance, point cloud data, cost*

1. はじめに

日本の社会インフラの多くは高度経済成長期に整備され、建設後 50 年以上経過する道路橋の割合は 2033 年時点において約 63%と見込まれている。その割合は増加傾向^①にあり、道路橋以外の社会インフラも同様の傾向である。2018 年度末時点で、約 10%^②の道路橋が早期措置段階と判断されている。一方、建設業就業者は在留資格を保有する外国人を含めても 2023 年までに全体の 1%である 3 万人が減少すると推計されている。今後、社会インフラの適切な維持管理が困難となる恐れがある。

この課題に対して、維持管理を高度化・効率化する新技術が盛んに開発されている。例えばドローン等の ICT 機器を活用した計測技術の進歩は著しく、3 次元データ

を活用した測量・調査の高度化が進んでいる。この高度化により、構造物の点検等が少人数でも実施可能^③となっている。加えて、3 次元データで記録することで、過年度との定量的な比較・劣化診断^④が可能となり、さらに長寿命化計画シミュレーション等の他分野への応用もできる。道路構造物の維持管理への 3 次元データの活用例として、IHI 社の BIM/CIM の取組^⑤がある。この取組では、橋梁の 3 次元モデルに品質管理記録等の属性情報を付与し、維持管理の高度化を実現している。しかし、全ての既存施設を 3 次元モデル化するには、多くの時間と作業者のスキルが必要である。そこで、BIM/CIM の代替アプローチとして点群データの活用が検討されている。点群データは既存施設の現況を比較的短時間かつ直接的に把握可能である。道路構造物の維持管理への点群デー

タの活用例として、首都高速道路社の取組⁹⁾がある。この取組では、全線を対象に点群データを取得し、特殊車両の通行シミュレーションや出来形管理等に使用している。しかし、維持管理の高度化・効率化を図るためには、地物ごと・部位ごとの諸元管理や点検データの関連付けが必要となる。そのため、地物ごと・部位ごとに点群データをプロダクトモデル化する技術が考案されている。その既存研究として、完成平面図を利用した研究⁷⁾や深層学習を利用した研究⁸⁾、機械学習を利用した研究⁹⁾がある。これらの研究によって、点群データを地物ごと・部位ごとに分割したプロダクトモデル化が可能となるが、プロダクトモデル化された点群データ（以下、PM化点群データ）の維持管理への適用性は明らかではない。

そこで、地物ごと・部位ごとにPM化点群データの維持管理への活用可能性を明らかにするため、PM化点群データの活用手法を提案する。そして、3次元モデルを用いている業務に対して、この手法の適用性とその整備コスト及び作業難易度を明らかにする。

2. 研究目的と概要

現在のBIM/CIMの3次元モデルの利活用を中心とした維持管理に対して、PM化点群データの適用性を分析し、この手法の活用可能性を明らかにする。点群データのプロダクトモデル化に関しては、国土交通省国土技術政策総合研究所より、「点群データの属性管理仕様【道路編】（案）―第1.0版―」¹⁰⁾が公開されている。そのため、本研究では、この仕様に基づき点群データをプロダクトモデル化し、社会インフラの維持管理に必要な機能への適用性を検証する。そして、このPM化点群データの活用手法の整備コスト及び作業難易度の確認によって、維持管理の中での適切な活用場面を明らかにする。

3. 社会インフラの維持管理に対するプロダクトモデル化点群データの適用性・活用可能性の検証

(1) 検証方針

社会インフラの維持管理に対するPM化点群データの有効性の確認のため、維持管理に必要な機能への適用性及び維持管理業務への活用可能性の2つを検証する。

(2) プロダクトモデル化点群データの適用性の検証

a) 検証方法

本検証では、社会インフラの維持管理に対するPM化

表-1 社会インフラの維持管理に必要な機能

機能	備考
諸元管理	地物名称、地物種類、計測方法等
点検データリンク	点検データとの関連付け
工事補修データリンク	工事補修データとの関連付け
過年度との比較	過年度との比較、比較結果の数値化
検索	諸元での検索、空間条件での検索
数量把握・集計	位置や形状を把握、諸元分類での集計

表-2 必要な機能への対応の比較

機能	GIS 手法	BIM/CIM 手法	PM化点群データ手法
諸元管理	・各種諸元を属性として管理		
点検データリンク	・ファイルやシステムへの関連付け		
工事補修データリンク	・ファイルやシステムへの関連付け		
過年度との比較	・GISデータでの比較 ・2次元写真の目視比較	・形状を計測しモデル化した上での比較	・形状の差分解析 ・変位量を視覚的に確認
検索	・2次元検索	・3次元検索	・3次元検索
数量把握・集計	・GISデータにて可能	・モデルデータにて可能	・領域データにて可能

点群データの適用性を評価するため、表-1に示す通り、維持管理の業務の中で求められる6つの機能への対応を比較する。表-1の6つの機能は、維持管理の業務システムに搭載されている主な機能をまとめたものである。対象の手法として、現在広く活用されているGISベースの手法（以下、GIS手法）、BIM/CIMモデルの手法（以下、BIM/CIM手法）、PM化点群データの手法（以下、PM化点群データ手法）の3つを比較する。

b) 検証結果

前述の3手法を比較した結果を表-2に示す。諸元管理や点検データリンク、工事補修データリンクの機能は、3手法で大きな相違はない。しかし、GIS手法は任意地点への位置情報に基づく関連付けであり、構造物への直接的な関連付けにはならない。一方、BIM/CIM手法及びPM化点群データ手法では、構造物の部位への直接的な関連付けが可能であり、3次元空間の位置関係を網羅した維持管理が可能となる。過年度との比較機能は、3手法で適用性が異なる。GIS手法では集約された数値での比較や2次元の写真での比較に留まる。BIM/CIM手法では、形状計測をした上でのモデル作成が必要となり適用にコストがかかる。一方、PM化点群データ手法では、重畳によって3次元形状での直接比較が可能となり、その変位量を視覚的に確認できる。検索機能は、3手法それぞれで諸元での情報獲得が可能である。GIS手法では2次元での空間検索となるが、BIM/CIM手法及びPM化

表-3 2手法のデータ整備方法

条件	PM化点群データ手法	BIM/CIM手法
元データ	MMSで計測された点群データ	施工図面・設計図面
詳細度	—	詳細度 200 及び詳細度 300
上部工	領域データとして定義	横断面図から断面図形状を読み取り、押出にて作成
下部工	領域データとして定義	横断面図から断面図形状を読み取り、押出にて作成
床版	主桁・横桁に囲われた空間を領域データとして定義	施工図面・設計図面から横桁を作成、詳細度 300 の場合には対傾構・横構を作成
使用ソフトウェア	オフライン版 3D Point Studio®	AutoCAD AEC Collection ・ AutoCAD Civil3D ・ Revit ・ Navisworks ・ InfraWorks

点群データ手法では3次元での空間検索となる。数量把握・集計機能は、いずれの手法も属性に必要な値の保持が可能である。

以上から、各機能において、PM化点群データ手法では他の2手法とほぼ同等の適用性が確認できた。特に過年度との比較に関しては、他の2手法以上の適用性が確認できた。

(3) PM化点群データの活用可能性の検証

a) 検証概要

社会インフラの維持管理の中で、PM化点群データを広く普及するためには、施設構造物への専門的な知識を必要とせず、データの整備が低コストであることが重要である。よって、本検証では、社会インフラの維持管理に対するPM化点群データの活用可能性を評価するため、橋梁の床版点検データの3次元的な整理を想定し、3次元データを作成する整備コストと作業難易度を比較する。データ作成はPM化点群データ手法とBIM/CIM手法の2手法で行う。データ作成の対象は、鋼橋の上部工1径間(35m)と下部工1基とする。上部工に関しては、主桁・横桁に囲われた部分を独立して認識できるように作成する。整備コストはデータ作成にかかった時間、作業難易度は作業者に必要なスキルレベルと構造への専門的知識の必要性の有無にて評価する。スキルレベルは、CADソフトでの応用的な操作が必要な場合を高、CADソフトでの一般的な操作が必要な場合を中、一般的なソフトでの操作が必要な場合を低とする。

b) 検証方法

本検証での2手法のデータ整備方法を表-3に示す。PM化点群データ手法では、対象となる点群データを囲う3次元の領域形状データ枠（以下、領域データ）を整備する。領域データの作成には、オフライン版 3D Point Studio^{®11)}を使用する。BIM/CIM手法では、3次元モデル

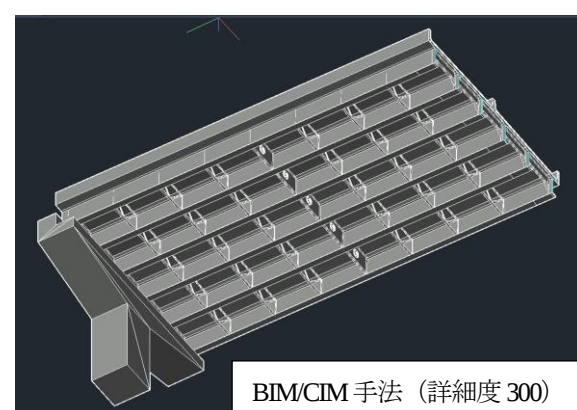
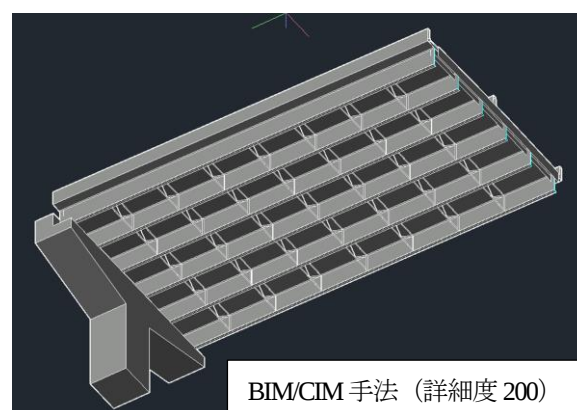
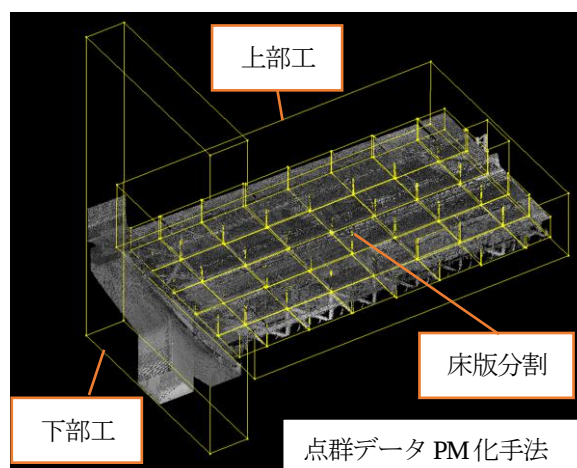


図-1 作成データの外観

を作成する。維持管理を起点としたCIMにおけるモデル作成指針¹²⁾では、詳細度200程度が最低限必要とされており、また現行設計成果物をCIM成果物とする場合の要件においても、構造一般図の推奨が詳細度200~300であるため、詳細度200及び詳細度300にてデータを作成する。CIMモデルの作成には、部材等の属性付与機能や点群データとの連携機能を備えたAutoCAD AEC Collection¹³⁾を使用する。

c) 結果と考察

作成したデータの外観を図-1、整備コストの比較結果を表-4に示す。PM化点群データ手法の整備コストは

BIM/CIM 手法（詳細度 200）の場合と比較して、約 85%削減された。また、BIM/CIM 手法（詳細度 300）の場合と比較して、約 98%削減された。

作業難易度の比較結果を表-5 に示す。PM 化点群データ手法では、作業者に必要なスキルレベルは低であり、一般的な土木知識のみが必要であった。一方、BIM/CIM 手法では、詳細度 200 及び詳細度 300 のいずれにおいても、上部工の場合に主桁・横桁等、構造への専門的知識が必要となった。詳細度 300 の上部工詳細構造の場合に作業者に必要なスキルレベルは高であった。

活用可能性の比較結果を表-6 に示す。PM 化点群データ手法は、整備コストが少なく、作業者に必要なスキルレベルは低であり、また一般的な土木の知識のみで作業可能となることから、社会インフラの維持管理に対して適していると考えられる。この PM 化点群データ手法を活用することで、定期的に取得する点群データの差分解析によって、高度な維持管理が可能となる。対して、BIM/CIM 手法を活用することで内部構造の再現や構造解析が可能となるため、重要な社会インフラには BIM/CIM 手法の適用が必要と考えられる。そのため、それぞれの手法を併用した活用が重要である。

4. おわりに

本研究では、社会インフラの維持管理の高度化・効率化に対して、点群データのプロダクトモデル化が有効であることと、整備コストと作業難易度の面から活用できることが明らかとなった。本研究では、橋梁の維持管理での活用を検証したが、社会インフラの建設ライフサイクルの中で点群データのプロダクトモデル化の活用が検討できる場面が他にもある。今後も様々な活用場面における各種手法の適用性の明確化及び新しい技術の開発が必要と考える。

参考文献

- 1) 国土交通省：国土交通白書 2020, 2020.
- 2) 国土交通省：道路メンテナンス年報, 2019.
- 3) 窪田論, 何啓源：複数の計測機器を用いた道路維持管理のための 3 次元データの構築, 知能と情報, Vol.31, No.6, pp.867-875, 2019.
- 4) 森石一志, 富山和也：ICT 舗装工における点群データ取得の効率化と適用範囲拡大について, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), Vol.75, No.2, pp.77-85, 2019.
- 5) 若林良幸, 赤松輝雄：BIM/CIM を活用した橋梁工事における生産性の向上・品質管理の高度化, IHI 技報, Vol.60, No.1, pp.66-74, 2020.
- 6) 山下淳子, 木村沙智, 川村日成：点群データを活用したインフラ構造物の維持管理, 精密工学会誌,

表-4 整備コストの比較

部位	PM 化点群 データ手法	BIM/CIM 手法 (詳細度 200)	BIM/CIM 手法 (詳細度 300)
上部工の 基本構造	0.5 時間	3.9 時間	3.9 時間
上部工の 詳細構造	※詳細構造の表 現は難しい	※詳細度 200 で は要求されず	21.4 時間
下部工	0.1 時間	0.3 時間	0.3 時間
合計	0.6 時間	4.2 時間	25.6 時間

表-5 作業難易度の比較

(上段：必要スキルレベル, 下段：必要知識)

部位	PM 化点群 データ手法	BIM/CIM 手法 (詳細度 200)	BIM/CIM 手法 (詳細度 300)
上部工の 基本構造	スキルレベル低 一般土木知識	スキルレベル中 構造専門知識	スキルレベル中 構造専門知識
上部工の 詳細構造	※詳細構造の表 現は難しい	※詳細度 200 で は要求されず	スキルレベル高 構造専門知識
下部工	スキルレベル低 一般土木知識	スキルレベル中 一般土木知識	スキルレベル中 一般土木知識

表-6 活用可能性の比較

比較内容	PM 化点群 データ手法	BIM/CIM 手法
データ整備の効率性	効率良く整備可能	手間時間かかる
作業難易度	スキルレベル低 一般的土木知識	スキルレベル中/高 構造専門知識
差分解析	可能	不可能
内部構造	再現不可	再現可能
構造解析	不可能	可能

Vol.85, No.3, pp.228-231, 2019.

- 7) 中村健二, 塚田義典, 田中成典, 梅原喜政, 中畑光貴：完成平面図を用いた道路面地物の点群データの抽出に関する研究, 知能と情報, Vol.32, No.1, pp.616-626, 2020.
- 8) Umehara, Y., Tsukada, Y., Nakamura, K., Tanaka, S. and Nakahata, K.: Research on Identification of Road Features from Point Cloud Data Using Deep Learning, *International Journal of Automation Technology*, Vol.15, No.3, pp.274-289, 2021.
- 9) 梅原喜政, 塚田義典, 中村健二, 田中成典, 中畑光貴：幾何特徴に基づいた点群データから道路地物の識別に関する一考察, 情報処理学会論文誌, Vol.62, No.5, pp.1218-1233, 2021.
- 10) 国土交通省：道路管理 道路空間データの整備・活用, <<http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/standards/standards.html#zokuseikanri>>, (入手 2021.6.10) .
- 11) Intelligent Style : 3D Point Studio, <<http://www.pointstudio.jp>>, (入手 2021.6.10) .
- 12) 国土交通省：CIM 導入ガイドライン (案) 第 5 編 橋梁編, 2020.
- 13) Autodesk : AutoCAD AEC Collection, <<https://www.autodesk.co.jp/collections/architecture-engineering-construction/overview>>, (入手 2021.6.10) .