

3次元道路台帳附図検討業務における仕様検討について

森 義孝・逢坂 直樹・高木 久・西村 大助・藤木 三智成・政野 敦臣（国際航業株式会社）

1. はじめに

国土交通省では、インフラ分野における将来の人手不足や災害対策、インフラの老朽化を背景に、道路の安全・安心を確保し、道路のサービスレベルを維持・向上させるため、ICT技術やAI技術といった最新技術の活用を進め、効率的なメンテナンスオペレーションを図る一環として「道路デジタルメンテナンス戦略」を策定した¹⁾。道路維持管理分野においては、道路基盤地図をベースとしたGISプラットフォームの構築や維持管理データを一元管理し、処理・解析することで管理施設の補修計画策定や意思決定の効率化を目指している。近年では、3次元点群データ（以下、「点群データ」という。）をi-Construction、BIM/CIMの基礎データとして活用される事例²⁾が多く、高度化・効率化が図られている。一方で、国や自治体の道路管理

者と維持管理に最適な点群データの検討、利活用に取り組んだ事例は多くはない。

筆者らは、北陸地方整備局管内の道路管理を行う事務所や出張所へ維持管理の現状や課題についてヒアリングを行い、北陸地方整備局所有の車載センシング装置（Mobile Mapping System：以下、「MMS」という。）から取得された点群データの活用検討を行った。さらに点群データをより効率的に活用するため、ヒアリングの結果に加え、北陸地方整備局で管理する「道路管理データベースシステム」との連携検討や既存の航空レーザデータとの合成による3次元地形モデルの作成、BIM/CIMデータ³⁾の融合を行った。本論では、道路維持管理に最適な3次元道路台帳附図の作成仕様の検討結果について述べる。

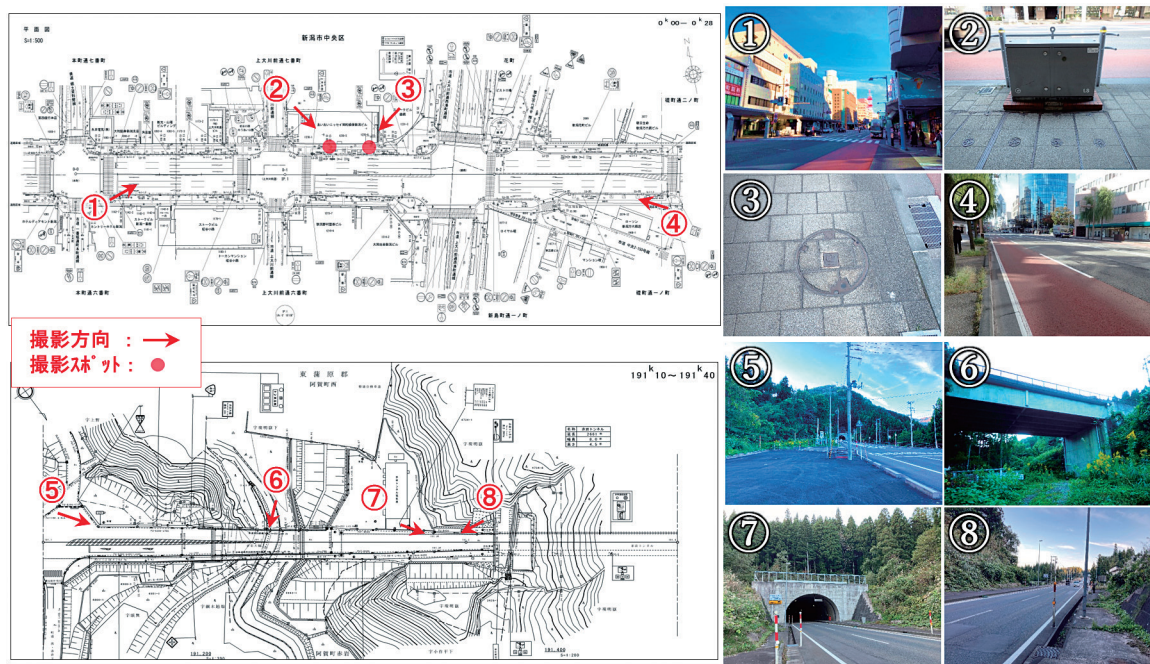


図1 地域概要図（上段：市街地部（国道7号）、下段：山地部（国道49号））

2. 地域概要

北陸地方整備局では、直轄管理国道全区間（新潟県、富山県、石川県の一部：約1,100km）の計測が完了しており、本論では計測データの内、市街地部と山地部の2区間（1区間延長：約300m）を選定し、3次元道路台帳付図の作成仕様を検討した。市街地部は、4車線道路で歩道、占用物件（電柱、地下埋設管等）が多数あり、沿道には建物やアーケードといった占用物件以外の施設も複数ある国道7号（0k000～0k280）を選定し、山地部は2車線道路で橋梁とトンネル、法面に加え占用物件がある国道49号（東蒲原郡阿賀町西）を選定した（図1）。

3. 使用機器・取得データ

計測に用いたMMS装置は表1の通りである。本論では取得した点群データが北陸技術事務所内に設置された精度検証サイトにて各基準点とMMSから取得された点群データの較差より精度検証を実施し、公共測量作業規程の準則で規定されている許容範囲（水平位置0.15m以内、標高0.2m以内）に収まっていることを確認している（表2）。なお、維持管理に必須となる基盤地形図は道路法28条で地図情報レベル500の道路台帳付図と規定されているが、取得したMMSの点群データは、車両から左右10m（理論値）の範囲で道路台帳付図の作成が可能な

データである。

4. 3次元道路台帳付図作成の仕様検討

4.1 道路維持管理の課題の抽出

本論では、維持管理に携わる事務所・出張所の担当者へヒアリングを行い、道路維持管理（施設管理、施設点検、道路巡回等）における課題を抽出した（表3）。各点検・管理業務はそれぞれ独立した管理システムや点検システムが整備されている。しかし、システム間の連携や管理するデータ以外の閲覧をすることはできず、データの一元管理は未整備であった。また、

表1 使用機器及び仕様

機器	製品名および仕様
機器の外観	
全方位カメラ	機器名：Ladybug 5 (Point Grey社製) 画素数：500万画素 解像度（単一カメラ）：2488×2048Pixel フレームレート：最大10FPS
レーザスキャナ	機器名：VLP-16 (Velodyne Lidar社製) 測定スピード：最大20Hz 測定ポイント数：300kHz 測定範囲：水平360°、 垂直30°（+15～-15） 機器

表2 計測データ精度検証

計測車両	MobileMapper	計測日	2020/7/29	北陸技術事務所内 精度検証サイト					
観測点名	TS/RTK-GPSによる観測値			レーザによる観測値			採用/ 不採用	H	V
	X	Y	H	X	Y	H			
h01	208776.660	45240.512	5.685	208776.759	45240.446	5.576	○	0.119	0.109
h02	208777.496	45240.617	5.668	208777.432	45240.538	5.679	○	0.102	0.010
h03	208796.092	45265.501	3.903	208796.126	45265.497	3.985	○	0.034	0.082
h16	208797.723	45264.35	3.901	208797.755	45264.330	3.973	○	0.038	0.072
*レーザ検証結果									
最大値		0.119	0.112	平均値	0.067	0.064			
最小値		0.017	0.004	標準偏差	0.076	0.074			

表3 抽出した課題及び3次元道路台帳附図作成に対する要望

項目	課題	3次元化に対する要望
1) 地形図情報の取得	管理附図の約2～3割は未更新、未整備。	a. 現況と整合する地形図の更新やデジタル化。 b. 地下占有物の正確な情報（位置、深さ）の登録と確認。
2) 施設情報の取得	施設点検結果の詳細な情報確認に時間を要する。 施設の正確な位置や詳細情報の取得が容易にできない。	a. 道路台帳附図と道路管理データベースシステム、点群データの連携。 b. 同種や類似の施設形式を検索し、位置や数量等を把握。 c. 橋梁、トンネル、法面などの変状を抽出。
3) 道路巡回/現地対応	管理システム内で詳細地形の把握や位置の記録を行えない。	a. 道路管理区域内のデータを定期的に保存、蓄積し定量化。
4) 管理引継ぎ	特定の位置や施設における過去の情報、問題対応、留意点等のノウハウ引継ぎ。	a. 過去の事象の履歴や場所、対応ノウハウ等をデータで管理・閲覧。

維持管理者からは、現況確認には2次元道路台帳附図（製本含む）の方が同時に複数人で確認やメモを記載する、といった利便性がある一方で、3次元的に確認したい場面もあるため、通常は2次元で確認し、必要に応じて3次元が閲覧できるようなシステムあると便利だろうといった意見も挙がった。

これらの課題を抽出した上で、2次元道路台帳附図と整合が取れた作成仕様とした。また、各事務所で共通して意見が多かった、地下空間の可視化に着目し、道路維持管理業務への活用性が高い3次元道路台帳附図の作成仕様とすることとした。

4.2 3次元モデルの費用対効果

本論では、今回計測したMMSの点群データで取得された道路付属物や付帯施設、その他地物に対し、3次元面モデル（以下、面モデルと記す）の作成時間とその費用対効果について検討した。取得した地物すべてを面モデルにした場合（図2上段）、市街地部の総作成時間は91時間、山間地部は107時間であった（表4）。また、データ作成に必要な費用（以下、作業コストと記す）について、実際に300m区間を従来のMMSを利用した2次元道路台帳附図の作業コストと比較したところ面モデル作成のほうが約3～5倍程度高かった。なお、BIM/CIMの

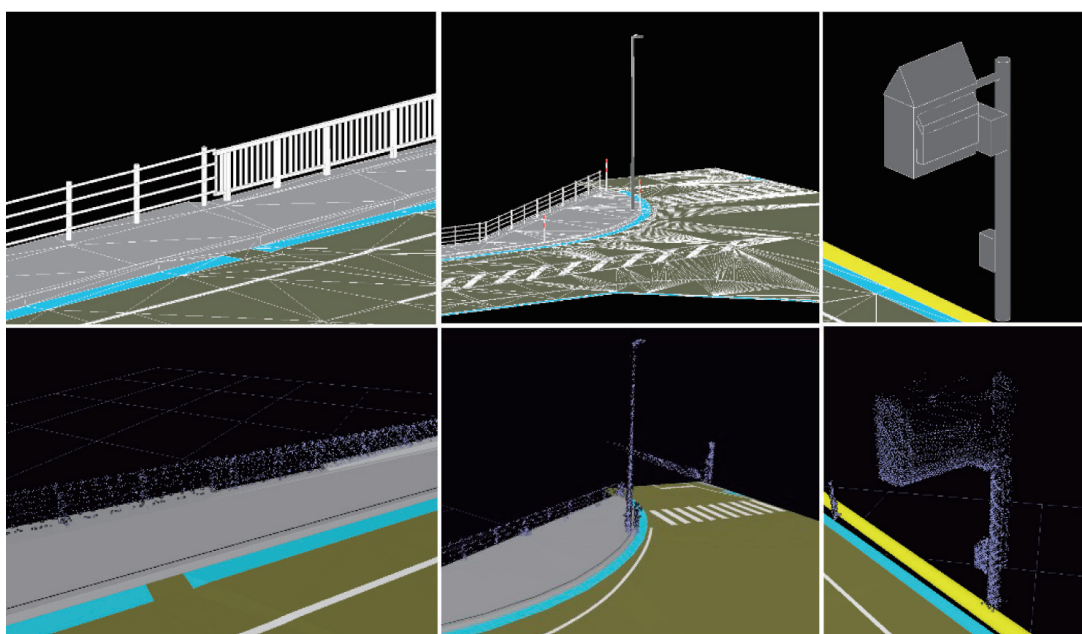


図2 点群加工のイメージ図（左：防護柵 真ん中：照明灯 右：情報板）
上段：3次元面モデル（フルモデル） 下段：3次元面モデル（道路部・歩道部）+点群（施設など）

表4 3次元面モデル作成時間

区分	構造物名 施設名	3次元面モデル			
		作成数量 (m)		作成時間 (min)	
		市街地	山間地	時間	単位
道路管理データベースシステム	構造物				
	橋梁	0	40	90	10m
	橋側歩道橋	0	40	50	10m
	トンネル	0	10	40	10m
	附属物及び付帯施設				
	防護柵	65	430	15	10m
	照明	28	28	15	1箇所
	反射式視線誘導	18	57	15	1箇所
	標識	16	17	20	1箇所
	情報板	26	1	20	1箇所
	ITV	0	1	20	1箇所
	車両感知器	5	0	20	1箇所
	雪崩防止	0	1	40	1箇所
その他必要モデル	道路面	280	260	160	20m
	電柱	22	14	15	10m
	送電線	0	24	20	1箇所
	トンネル電気施設	0	23	15	1箇所
	建物・ビル	19	1	40	1箇所
	屋根	14	0	30	1箇所
	水路、側溝	137	260	20	10m
		市街地	山間地		
総作業時間 (h)		91	107		

作成要領による対象の外形形状を正確に表現した精度に基づくモデル（詳細度300）では、鋼橋であれば床版、主桁、横桁等の細部形状までモデル化するが、本論で作成したモデルは、概ねの橋梁構造を把握することができる箱形状の外形のみをモデル化している。

一方で、地図情報レベル500の数値図化の精度を確保し、かつ3次元の基盤データとしても活用できる道路部・歩道部のみを面モデルとし

て作成し、道路部・歩道部以外の点群データは施設ごとのレイヤー分けをする（図2下段）ことで、2次元道路台帳附図の作業コストに比べ、約2倍の作業コストで道路維持管理に有益な3次元道路台帳附図の整備が可能となることが分かった。図3に示すデータは、道路部・歩道部を面モデルで表示し、道路管理データベースシステムで管理されている附属物や付帯施設は紫（照明灯や標識、情報版等）または緑（植栽）の点群データでレイヤー分けを行い、その他の点群データは加工せず、反射強度表示（オフィスビルやアーケード、山間部の森林等）をしている。なお、上記の作成仕様には手動による点群のレイヤー分け作業コストを計上し、算出しているが、MMSの点群データの特徴量から地物を自動ラベリングする研究報告⁴⁾があり、点群データのレイヤー分け作業の自動化が進められていることを鑑みると作業は2倍未満に収まることが見込まれる。

さらに、インフラ構造物の維持管理業務にMMSの点群データを用いた事例では、構造物の2時期差分や傾きの検出、路面勾配調査は従来手法と比較し、時間縮減率・費用縮減率で70%程度縮減できると報告されている⁵⁾。したがって、3次元道路台帳附図は道路部・歩道部を面モデル、その他の道路維持管理項目に挙げられる附属物や付帯施設、その他点群データで取得された地物をレイヤー分けした点群データとする作成仕様にするこで、道路維持

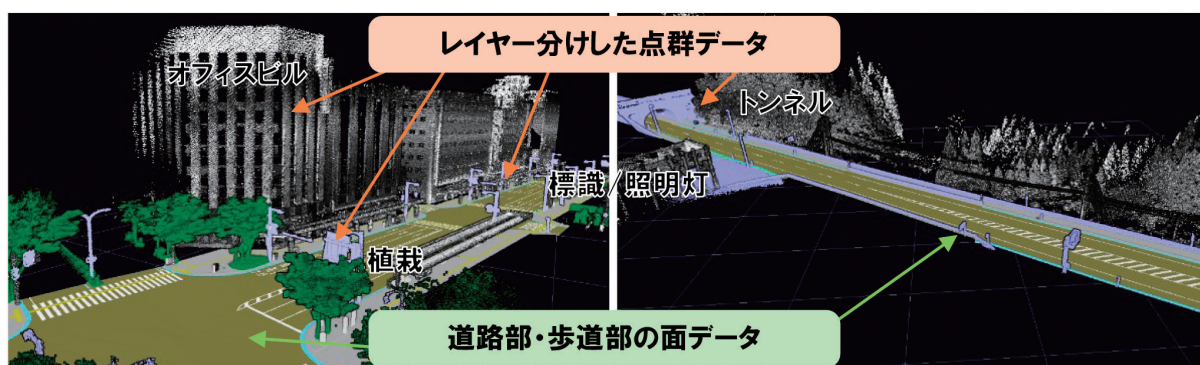


図3 MMS3次元点群データによる3次元道路台帳附図作成仕様（案）（左図：市街地部 右図：山間部）

管理者が抱える課題を解消するスペックを十分保持した状態で、なおかつ効率的に整備できる。

4.3 BIM/CIMデータ、航空レーザデータの統合

本論では、MMSの点群データに加えて、①道路管理データベースシステムで管理する施設台帳の内、地下埋設管の既存資料(上水道台帳、下水道台帳、ETC…) から面モデルを作成、②設計図書から橋梁・トンネルのBIM/CIMモデル(詳細度300相当)の作成、③既存の航空レーザデータ(地図情報レベル1000)から地盤面の面モデルを作成した。これらのデータは道路部・歩道部の面モデルを基盤面として3次元道路台帳附図と統合した(図4)。その結果、より広域な地形情報を表現するだけでなく、地下埋設物の敷設情報や主要構造物の地下空間を可視化できる。他にも、この仕様によって作成

した3次元道路台帳附図は落石危険箇所の抽出や土砂災害時の2時期差分による土砂流出の自動算出が可能な附図となる。さらには地下空間の可視化によって橋梁の基礎杭・フーチングの位置や埋設状況の把握が可能となるため、橋梁点検や地中構造物に対する近接施工影響範囲の把握に有効活用できるなど、多種多様な維持管理項目を一括管理できることが見込まれる。一方で、地下埋設物の面モデルは複数箇所で干渉(重なり合い)や地盤面から突出する箇所が確認された。これは、既存資料の延長や高さをそのまま面モデルにしたため、MMSや航空レーザから作成した地盤面の面モデルとの位置精度の整合が取れていなかった。そのため、地下埋設物の既存資料をそのまま3次元道路台帳附図に反映する場合は、位置精度に課題がある。

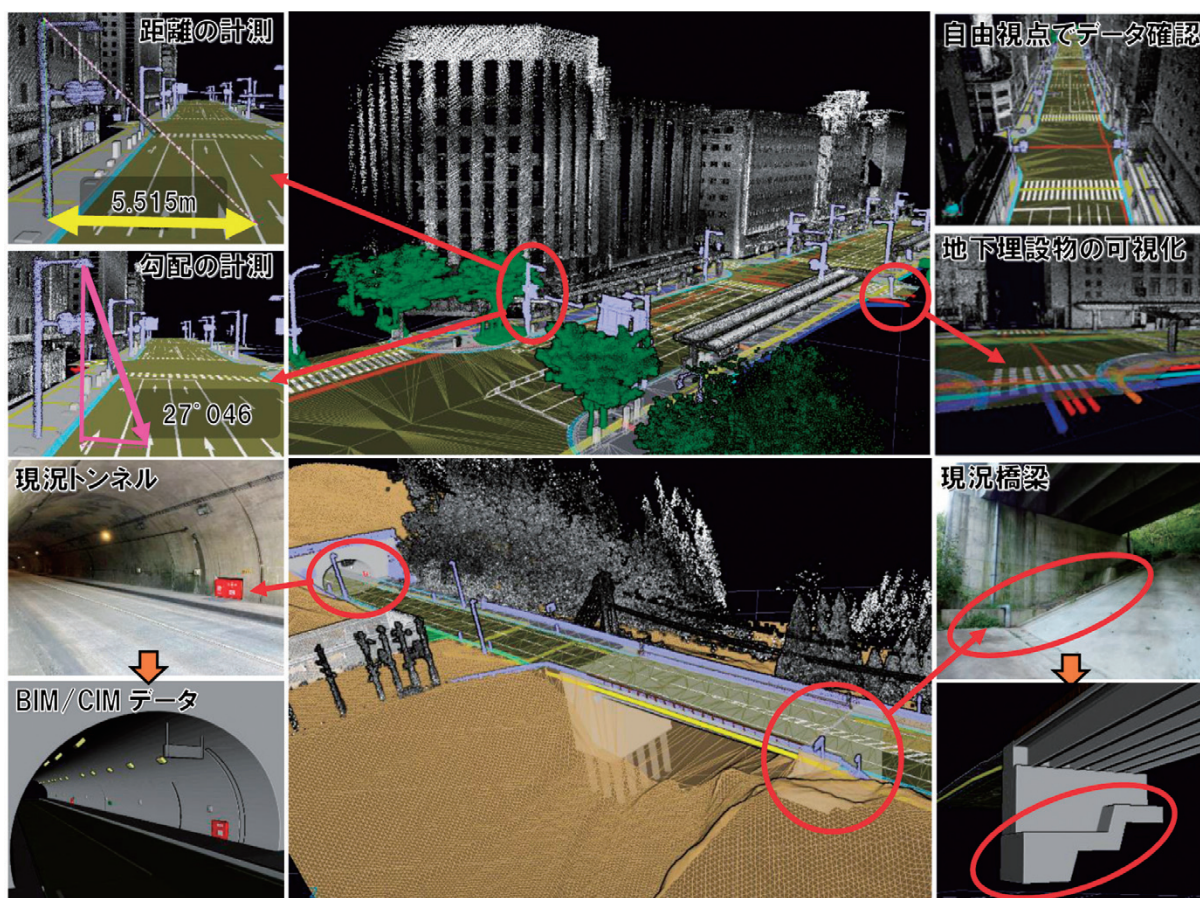


図4 BIM/CIMデータ・航空レーザデータとの融合(上段:市街地部 下段:山地部)

4.4 道路維持管理に最適な3次元道路台帳附図作成仕様(案)

以上の内容を踏まえ、道路維持管理に最適な3次元道路台帳附図の作成仕様を下記の通り提案する。

(1) インデックス(索引)となる2次元道路台帳附図と整合するように3次元道路台帳附図を整備する(図5)

維持管理者へのヒアリング調査から注記で施設等の確認や複数人での確認ができることを踏まえ、3次元道路台帳附図とリンクする2次元道路台帳附図の作成は必要である。今回、作成した3次元道路台帳附図は、2次元道路台帳附図を作成した後、地物や施設にMMSの点群データの高さを与える作業工程で作成したため、2次元道路台帳附図が副次的に作成することが可能であった。そのため、この作業工程で3次元道路台帳附図を整備することは、2次元道路台帳附図の作業コストがかからない利点がある。

(2) 道路部・歩道部は面モデル、その他点群データは施設ごとにレイヤーを分けて整備する

通常の道路台帳附図の約2倍の作業コストで、地図情報レベル500の精度が担保された3次元道路台帳附図の整備が可能となり、かつ将来の維持管理の効率化やインフラDXを目指した基盤作りが可能となることの効果は大きい。

(3) 3次元道路台帳附図を全ての3次元データの基盤データとして整備する

点群データで取得した道路部・歩道部の面データを基盤面とすることで、調査、計画・設計、施工におけるBIM/CIMデータの統合を可能にする(図4)。また、定期的に取得する点群データの統合にも活用でき、データの蓄積・保管管理する面においても有効であるため、3次元道路台帳附図を基盤データとして整備することが重要である。

5. 最後に

本論では、道路管理者のヒアリングにより、管理者視点で将来の維持管理に必要なデータや情報を踏襲し、視認性、汎用性に優れた3次元道路台帳付図の作成と最適な作成仕様を構築した。特に、地下埋設物を視覚化し、3次元道路台帳附図へ反映したことで、道路維持管理の一元化が可能となる基盤データが構築でき、国土交通省が目指す「道路デジタルメンテナンス戦略」、さらには「インフラDX」に資する結果となった。

一方、3次元道路台帳附図の作成と更新には、①通常の2次元道路台帳附図に比べ作業コストを要し、②3次元道路台帳附図を取り扱う環境(システムや設備)が未整備であり、③既存資料の中には不正確な位置精度を有した情報が

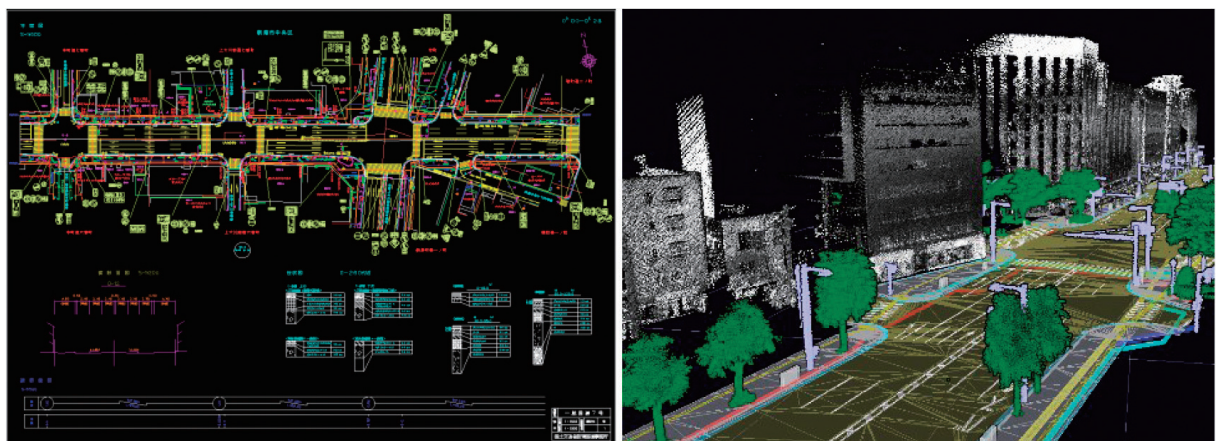


図5 2次元道路台帳附図(左)と整合の取れた3次元道路台帳附図(右)

含まれている、といった課題があげられた。しかし、ICT技術やAI技術の活用による作成・更新のコスト削減、「国土交通データプラットフォーム」や「3D都市モデル (PLATEAU)」との連携によるデジタルツインの実現により、基盤データの構築・運用が容易となる。また、施工時の出来形管理において的確な3次元データを取得することで3次元道路台帳附图に活用・保存となるため、今後の高度化・効率化の効果は大きいと考える。

■謝辞

本発表では、3次元道路台帳附图作成検討にあたり、国土交通省北陸地方整備局のデータを用いて、実証させていただきました。この場をお借りして感謝申し上げます。

■参考文献

- 1) 国土交通省：道路デジタルメンテナンス戦略, 国道 (国管理) の維持管理等に関する検討会 (令和元年度 第4回), 2021 (<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001345973.pdf>)
- 2) 窪田諭, 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, 日本知能情報ファジィ学会誌 (Vol.31, No.6, pp.867-875), 2019
- 3) 国土交通省BIM/CIMポータルサイト, (<http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bimcim/bimcimindex.html>)
- 4) 高橋元気, 増田宏：MMS点群データの自動ラベリングに適した点群特徴量, 写真測量とリモートセンシング (Vol.60.NO.5), 2021
- 5) 山下淳子, 玖村沙智, 河村日成：3次元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 (Vol.85, No.3, pp.228-231), 2019

■執筆者

森 義孝 (もり よしたか)

国際航業株式会社 西日本空間情報部



(共著者)

逢坂 直樹 (おおさか なおき)

国際航業株式会社 インフラマネジメント部

高木 久 (たかぎ ひさし)

国際航業株式会社 インフラマネジメント部

西村 大助 (にしむら だいすけ)

国際航業株式会社 西日本空間情報部

藤木 三智成 (ふじき みちなり)

国際航業株式会社 西日本空間情報部

政野 敦臣 (まさの あつし)

国際航業株式会社 公共コンサルタント事業部