

(41) 点群データを用いた道路景観評価用画像の修正に関する一考察

保田 敬一¹・趙 子健²・小西 英之²・山崎 元也³

¹ 正会員 株式会社ニュージェック 道路グループ (〒531-0074 大阪市北区本庄東 2-3-20)

E-mail : yasudakc@newjec.co.jp

² 非会員 株式会社 CSS 技術開発 技術開発部 (〒206-0014 東京都多摩市勾田 1251)

E-mail : cho.s@css24.jp , E-mail : konishi.h@css24.jp

³ 正会員 東京農業大学教授 地域環境科学部 造園科学科 (〒156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1)

E-mail : m3yamasa@nodai.ac.jp

国土交通省が実施している CIM は調査計画・設計・施工・維持管理の各段階で 3 次元モデルを一元的に共有・活用させることで建設生産プロセスの改善を図る試みである。近年、道路管理者が点群データである MMS を使用する事例が増加しており、例えば、改良予定の交差点周辺の 3D 測量や、特定の構造物の確認などに用いられている。本論では、維持管理段階での道路の快適性向上を目指し、のり面や植栽など道路構成要素の変更による快適性評価を 3 次元モデル上で把握するための方法を提案することを目的とする。道路構成要素を 3 次元モデル上で変更することにより、道路構成要素の変更とその評価とが即座に把握できるようになる。さらに、要素変更前後の動画と 3 次元モデルとで評価の違いを検証する。

Key Words: Landscape, Road, MMS, Point Cloud Data

1. はじめに

道路の快適性を向上させることは維持管理面からも、既存インフラの有効利用の観点からも重要なテーマの一つとなっている。舗装点検要領¹⁾にも快適性向上が重要であることが記載されている。筆者らはこれまでの取り組み²⁾で、維持管理段階で快適性を向上させ、利用者満足度を高めていくには路面の平坦性を向上させることと走行時の景観性を向上させることの両面が必要とされることを示してきた。この景観性を向上させるためには、道路景観構成要素と評価との関係を示すカテゴリスコアから、道路景観構成要素であるのり面状態や植栽を改善することが必要となる³⁾。しかし、カテゴリスコアを用いた修景改善はあくまで机上の検討に過ぎず、実際に道路景観構成要素を部分的に修景改善して利用者に動画により再評価して確認しなければ評価に乖離が生じる可能性がある。

そこで、本研究では現況の再現性に優れる点群データを用いて、道路構成要素を修景した際の評価を景観評価用 3 次元モデルにて行うことを検討する。この方法により、事前に景観構成要素の変更とその評価とを 3 次元モデル上で行うことが可能となり、合意形成や意思決定な

どに有効利用できることが期待できる。

本研究では、点群データを道路景観評価用画像の修正に適用する際の方法と留意点について述べる。以下、2 章では道路景観評価への点群データ利用について述べ、3 章では MMS による測量とデータ処理および 3 次元モデル作成について、4 章では景観評価用動画の修正と 3 次元モデルを用いた景観の再評価を示し、考察を加えた。

2. 道路景観評価への点群データ利用

(1) 点群データ利用の可能性

点群データは現況を 3 次元により高い精度で再現できることから、3 次元点群データの利用に関する研究は各分野で活発に行われている。維持管理やライフサイクルでの点群データ利用は、藤田らによる点群データに属性を付与する研究⁴⁾、小林らによる鋼上部工の 3 次元モデル作成⁵⁾、江口らによる路面の変状評価に関する研究⁶⁾などがある。点群データを用いた景観検討としては、矢吹らによる構造物撤去新設時の景観検討⁷⁾、同じく矢吹らによる BIM データからの景観検討用 3 次元モデル開発⁸⁾などがある。

本研究では、点群データを用いて道路景観要素の一部

を改善することと、その景観要素を改善した動画による評価が可能であることを示す。

(2) 維持管理での現状と道路走行時の快適性向上のための戦略

現在、道路の維持管理は2次元の平面図、表計算ソフト、写真、道路台帳などを用いて行われていることが多い。しかし、道路周辺の地物（樹木、街灯、ガードレールなど）の確認や道路走行面からの見え方など立体情報についての視覚的（立体的）確認は難しい。点群データは3次元データであるため、立体情報として可視化することは可能である。また、位置情報も保持しているため、様々な情報をリンクさせることができるというメリットがある。供用中の路線から取得した点群データは主に維持管理に用いることができると考えられ、例えば、道路修景の改善を行った際に、その見え方の確認、合意形成での活用、様々なパターンの修景の変更などに柔軟に対応できると考えられる。また、維持管理では様々な改修が行われる。切削オーバーレイ、樹木剪定、伐採、標識や安全設備の設置など仕上りのイメージを3次元モデル上で行うことができるため、合意形成や情報共有、意思決定段階での判断時などでの活用が期待される。

本研究では、道路走行時の快適性を向上させることにより、利用者満足度を高めることを目的にしている。既往の研究²⁾より、快適性は舗装路面の平坦性と走行時の道路景観の両面が関係しており、これまでの維持管理では切削オーバーレイによる舗装路面の平坦性向上しか選択肢がなかったところを植栽や法面状態の修景を改善することにより景観性能を向上させ、快適性を向上させようというものである。

(3) 道路景観評価への点群データ利用

以上より、本研究では、点群データを道路維持管理に活用し、景観性を検討する際に適用することを試みる。点群データにより作成した路線全体の3次元モデルを用いることで景観の検討、すなわち、法面や植栽などの維持管理で改善が可能な道路構成要素を変更した際に評価がどのように変化するかを事前に把握できるようになる。修景を改善した場合、その評価がどうなるのかは既往の研究²⁾で分析した道路構成要素ごとのカテゴリスコアを用いることである程度は推定できるが、実際に修景を改善した画像（動画）を見てから評価しないと乖離が生じる可能性がある。点群データによる3次元モデルではこのような法面・植栽の修景改善は容易に行うことができるため、3次元モデルを活用するメリットは大きいと判断する。

3. MMSによる測量

(1) MMSとは

MMSは車両の天板上にGPS、レーザースキャナ、デジタルカメラ、IMU（慣性計測装置）を、タイヤにはオドメーター（車両移動量計測装置）を装着し、計測および補正を行うことで通常走行しながら車両周辺の高精度な3次元座標データと画像データとが取得できる車載型移動計測システムである。

(2) MMSにおける車載機器構成

本研究で適用した車載機の仕様と機器構成を表-1に、計測車の概況を写真-1に示す。

(3) 対象路線

本研究で対象とした箱根ターンパイクは小田原から箱根に通る抜ける延長15.782kmの観光有料道路で、特徴的な景観を持っている。すなわち、起点側の小田原側から4kmほど続くあじさいレインボーロードと呼ばれる道路脇に咲き誇る四季の花々や、春の桜のトンネル区間（新緑の季節には緑のトンネル区間になる）、眼下に広がる相模湾の景色を一望できる湘南ビュー展望台、芦ノ湖や富士山を眺望できる大観山ビューラウンジなど季節によって全く違った雰囲気を楽しむことができる。

(4) データ処理方法

本研究では、点群データを編集・変換し、3次元景観

表-1 MMS仕様と機器構成

項目	仕様
カメラ	カメラ数：8
	CCDサイズ：2,000×2,000
	ピクセルサイズ：5.5×5.5 μm
	最大フレームレート：8fps, 256M pixel
精度	計測範囲：360°×270°
	10秒停止後の位置精度：水平方向0.020m RMS, 鉛直方向：0.020m RMS
	スキャンレート：1,000,000点/秒



写真-1 計測車とMMS車載状況

モデルを作成する必要がある。本研究で使用したソフトウェアを表-2 に示す。具体的には、MMS で計測した測量データ（点群データ）を PTS ファイルに変換したデータを用いた。ファイルサイズは 35,900MB、総点群数 N=897,983,801 である。

(5) 3次元モデル作成

国土地理院の基盤地図情報データ（世界測地系IX系）を用いて3次元現況地形モデルの作成を行った後、現況点群モデルを合成して可視化を行った（図-1）。

4. 評価用動画の修正と景観の再評価

(1) 3次元モデルの修正

ここでは、合成した3次元モデルにて道路構成要素の修景を行う。別途利用者アンケートにより数量化理論Ⅰ類により分析した景観構成要素と評価との関係を用いてのり面状態の変更を行った。のり面がブロック積の景観評価に関するカテゴリスコアは低く、ネット張りモルタル吹付のスコアは高かったことをうけて、現状で黒ずんでいるブロック積に緑色のネットを覆うことを考える。また、のり面が高木の場合はスコアが低く、低木にする方がスコアが高くなることを利用し、現状で高木の区間を低木に変更することを試みた。対象区間はNo.60+00～No.61+00の100m区間である。図-2に現況の左側ブロッ

ク積モデル、右側高木のモデルを、図-3に左側のり面のブロック積に緑色ネット（明るい緑色、格子サイズ30mm）で覆った修景を、図-4に現況の右側高木区間を低木に変更したモデルを、図-5に左側のり面のブロック積に緑色ネット（濃い緑色、格子サイズ60mm）で覆い、かつ、右側の高木区間を低木に変更したモデルを示す。緑色のネットは格子形状、ネットの太さ、格子間隔、色など様々な仕様があり、3次元モデル上ではこれらを自在に変更できることが特徴である。ネットの太さや格子間隔を変更するとかなり明るさや印象が変わったものになり、景観が改善されるのがよくわかるようになる。また、ネット張り区間も任意の範囲で設定可能である。図-2や図-4からわかるように、この変更によって現状の黒ずんだ汚れた印象をうける壁のようなブロック積擁壁表面が種子吹付けのような明るい印象をもった修景に改善されるようになる。

(2) 修正した動画による再評価

ここでは、道路構成要素の修正を行った100m区間を対象にして修正前後の動画を作成し、アンケートを実施した。このアンケートの目的は、点群データから得られたデータをもとに道路構成要素を部分修正した動画と、ビデオ撮影による当初の評価用動画とが変わらない精度で評価できるかどうかである。対象とした区間はNo.60+00～No.61+00である。図-2に示す変更前と図-4、図-5に示す要素変更後（ブロック積にネット張り、高木を低木へ）の運転者目線での動画を大学生17名にらせて5段階評価を行った。運転手目線の評価用動画の一部を図-6に、表-3に再評価の結果を示す。

表-2 使用したソフトウェア

ソフトウェア名	使用内容
Autodesk ReCap	測量データ（点群データ）の編集・変換
AutoCAD Civil 3D	3次元地形作成（現況地形）、アニメーションの動線設定
Autodesk InfraWorks	3次元景観モデル構築、アニメーションの作成および書き出し

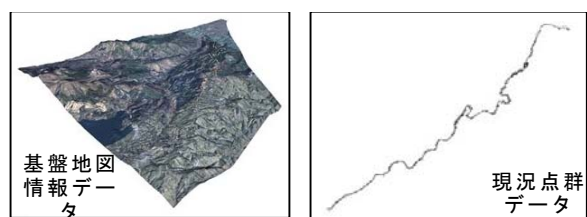


図-1 合成した3次元現況モデル（鳥瞰）



図-2 変更前3次元現況モデル

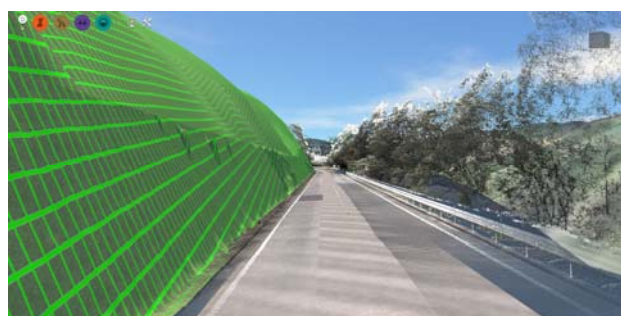


図-3 ブロック積に緑色ネットを覆ったモデル

表-3 より、ビデオ動画を用いた評価と点群データを用いた3次元アニメーションによる評価とは有意差がなく、うまく現状景観を復元できていることがわかる。また、修景改善前と改善後とでは評価に優位差があることから、ブロック積にネットを張る方法や、高木を低木にする措置は評価が良い方に改善されていることがわかる。

5. おわりに

本研究では、箱根ターンパイクを対象にした走行時点群データを用いて景観評価用3次元モデルの構築を試みた。維持管理段階では快適性や利用者満足度を高めるために舗装の路面性状改良工事や道路景観構成要素を変更することなどが措置対象の候補となるが、本研究では、景観構成要素の変更とその評価との関係を3次元モデルを用いて把握することを目的とした。すなわち、点群データをもとにして構築した路線の3次元モデルの道路景観要素、例えば、のり面や植栽を変更した際に変更箇所の見え方がどうなるのかを3次元モデル上で確認できることになる。黒ずんだブロック積の表面に明るい色の格子状ネットを覆うだけで印象がかなり変わることも確認できた。この方法により、事前の景観検討や合意形成にも有効に活用できると予想される。

今後は、違った道路景観構成を保有するであろう他の路線において景観構成要素とその評価との関係を示す事例を増やして汎用性を高めていくことや、景観構成要素の変更にかかる時間の短縮（要素の部品化）などが挙げられる。



図-4 現況の右側高木区間を低木に変更したモデル



図-5 ブロック積に綠色ネットを覆い、かつ、右側の高木区間を低木に変更したモデル

謝辞：本研究における3次元データモデルおよびアニメーション作成に関しては、応用技術株式会社・山根隆弘氏、竹重和馬氏、高増 誠氏に多大なご協力を得ました。ここに記して深謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省 道路局：舗装点検要領，2016.
- 2) 島根高啓，山崎元也，保田敬一：走行時の景観評価に影響を与える道路構造と植栽・法面要素，土木学会，土木学会第 72 回年次学術講演会講演概要集(平成 29 年度)，IV-043，pp.85-86，2017.
- 3) 藤田 陽一，緒方正剛，Wongsakorn CHANSEAWRASSAMEE，小林一郎：属性を付与した道路点群データの建設ライフサイクルでの利用，土木学会論文集 F3(土木情報学)，Vol.70，No.2，pp.I_144-I_151，2014.
- 4) 小林優一，吉野博之，谷口和昭，金光都，徳武広太郎：CIM の概念を用いた鋼上部工の3次元モデルの構築に関する効率化の一提案，土木学会論文集 F3(土木情報学)，Vol.72，No.2，pp.II_90-II_95，2016.
- 5) 江口利幸，川村 彰，富山和也，高橋茂樹，遠藤慶三：横断プロファイルの3次元点群データ化による路面の変状評価に関する基礎的研究，土木学会論文集 E1(舗装工学)，Vol.73，No.3，pp.I_71-I_78，2017.
- 6) 矢吹信喜，種村貴士，福田知弘，道川隆士：Diminished Reality を用いた構造物撤去新設時の景観検討 AR 実現に関する研究，土木学会論文集 F3(土木情報学)，Vol.70，No.2，pp.I_16-I_25，2014.
- 7) 矢吹信喜，川口貴之，福田知弘：積集合演算による BIM データからの景観検討用3次元モデル作成手法の開発，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.68，No.2，pp.I_31-I_40，2012.

表-3 修正した動画による再評価

区間 No. 60+00 ～ No. 61+00	ビデオ 動画に よる評 価(148 名)	点群データを用いた3次元アニメーションによる評価		
		修景改善 前	修景改善 後(ネット 張)	修景改善 後(高木→ 低木)
SD評価	2.86395	2.70588	3.17647	3.11765
平均値の 差の検定	T=0.234067>0.05 有意差なし			
			T=0.009866<0.05 有意差あり	
			T=0.01714 <0.05	有意差あり



図-6 運転手目線のアニメーション