

(13) 点群データの編集とその運用について

Editing and utilizing of point cloud data

藤田陽一¹・小林一郎²・緒方正剛³・山本一浩⁴

Fujita Yoichi, Kobayashi Ichiro, Ogata Seigo and Yamamoto Kazuhiro

抄録: 3次元点群データの利用に関する研究は、各分野で活発におこなわれている。筆者らはこれまでに、点群データがもつ位置情報や色情報を分析し、構造物に属性を与える研究をおこない、点群データの利活用法を提案してきた。本研究では、簡易な方法で点群データを編集し、運用する手法について述べる。まず、点群データを表示させ任意の箇所を指定することで、編集可能となることを示す。この手法を用いることで、点群データの編集ができることを示した。加えて、編集したデータを施工検討などの協議に適用することで利活用の幅を拡げ、点群データの運用に繋げる。

キーワード: 点群データ, 編集, 運用
Keywords: point cloud data, editing, utilizing

1. はじめに

3次元点群データ利用に関する研究は、各分野で活発におこなわれている。たとえば、増田らは、工場施設内で計測された点群データから生産設備やプラント設備の3次元モデル作成を試みている¹⁾。石川らは、都市空間のMMS(Mobile Mapping System:以下, MMS)データに関する分析をおこない、道路周辺における高精度な3次元復元システムを開発した²⁾。このように、点群データは効率的な設計改善や維持管理への利用が期待されている。

筆者らのグループも、航空レーザデータから道路網の抽出³⁾、MMSデータを用いた視距改良⁴⁾や落石解析⁵⁾を試みた。さらに、立面点群を用い、位置情報により道路と周辺の構造物の属性判別⁶⁾を試みるなど、点群データの利活用法を提案してきた。しかし、点群データの運用を図るためには、設計、施工、維持管理の各フェーズで利用可能となるように使用性を向上させる必要がある。

本研究では、簡易な方法で点群データを編集する。編集したデータを施工検討などの協議に適用し、利活用の幅を拡げ、点群データの運用に繋げる。

本論文では、2章で点群データの運用上の課題および編集の意義を述べ、3章で編集法を示す。4章では、編集データの利活用法を述べ、考察を加えた。

2. 点群データの概要と運用

(1) データ概要

点群データは航空レーザ測量、MMS、固定式レーザ測量などによって取得される高精度な3次元空間情報である。出力形式により違いはあるが、表-1に示すように点ごとに3次元位置情報(x,y,z)や色情報(r,g,b)などの数値情報を保有しており、可視化することで計測した空間を見ることができる(図-1)。点群データの情報は、計測時に撮影されたデジタル画像とレーザ計測によって取得される位置情報を同期させることで得られる。点群により構成された空間内で物体が認識できるのは、人間が経験をもとに点群と実空間の対応づけをおこなうことで、路面や電柱などの属性を分析し、全体的な「景」として再構成しているためである。

表-1 数値情報

| X | Y | Z | R | G | B |
|----------|----------|---------|----|-----|-----|
| -25592.1 | -22861.8 | 11.2014 | 82 | 105 | 123 |
| -25592.1 | -22861.8 | 11.2 | 90 | 113 | 132 |
| -25592.1 | -22861.8 | 11.1994 | 99 | 125 | 140 |
| -25592.1 | -22861.8 | 11.2011 | 99 | 117 | 140 |
| -25592.1 | -22861.8 | 11.2007 | 90 | 117 | 140 |
| -25592.1 | -22861.8 | 11.2006 | 99 | 121 | 140 |
| -25592.1 | -22861.8 | 11.2019 | 90 | 117 | 140 |

1 : 学生会員 熊本大学大学院 自然科学研究科 博士後期課程 (Tel :096-342-3531, E-mail : 128d9406@st.kumamoto-u.ac.jp)

2 : 正会員 工博 熊本大学大学院 教授 自然科学研究科

(〒860-5888 熊本県熊本市中央区黒髪2丁目39-1, Tel :096-342-3531, E-mail : ponts@gpo.kumamoto-u.ac.jp)

3 : 非会員 博(工) オートデスク株式会社

4 : 正会員 博(工) 国土交通省 足羽川ダム工事事務所 建設専門官

(2) データ運用上の課題

3次元計測機器を用いることで、現況の3次元点群データを容易に取得できるようになった。しかし、データ量が膨大であり加工に労力がかかる事や点データに属性がなく樹木のみを取り出すといった作業が困難である事など課題も少なくない。このような課題のため点群データは取得後の使用性が低く、現況の可視化や2次元の図面作成への利用に留まっている。そのため、点群データの割高感が解消されず建設ライフサイクルにわたる運用の妨げとなっている。

(3) 点群データ編集の必要性

点群データは計測時のオリジナルデータでは使用性が低い、構造物を伸縮させたり、分割することで利活用の幅が広がると考える。例えば、信号機のアームを伸縮させ、車からの視えを確認し協議するといった利用が可能となる。また、構造物を撤去時の形状に分割することにより、撤去シミュレーションがおこなえる。既往研究では、オブジェクトを作成し各種検討がおこなわれている⁷⁾が、点群データを編集することでオブジェクトを作成せずに検討でき、調査時のデータの有効活用に繋がる。

以上のことから、点群データの使用性を向上させ、図-2のような建設ライフサイクルの各フェーズで利用可能とすることの意義は大きい。そのため、調査段階で点群データを取得することで運用に繋がると考える。

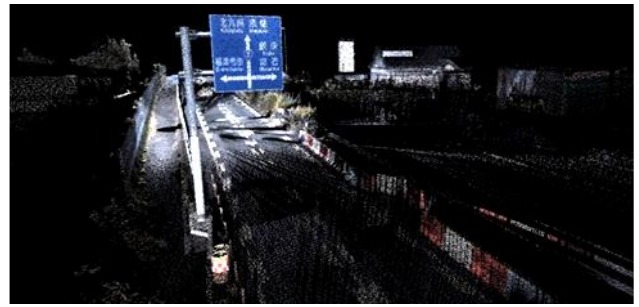


図-1 点群データ



図-2 建設ライフサイクルでの点群運用

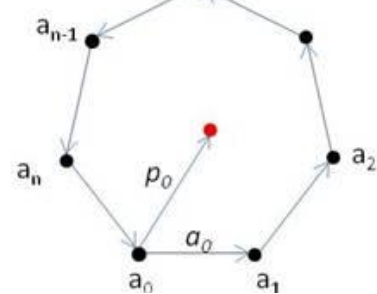


図-3 n角形の内外判定

3. 編集法

(1) 範囲内抽出

全点群数を n とすると、各点は以下となる。

$$p_i = [x, y, z]^T \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

まず、各点が任意の点により囲まれた範囲内にあるか XY 平面で判別する手法を、点 $a_i (i = 1, 2, \dots, n)$ で囲まれた n 角形の内外判定を用いて以下に述べる。ここでは、 z 値は考慮せず、 xy 座標で処理をおこなう。

図-3 のように $a_i (i = 0, 1, \dots, n)$ で構成された n 角形の各点から次点へ方向ベクトルを $a_i (i = 0, 1, \dots, n)$ とし、多角形の各頂点から、判定する点 p_i への方向ベクトルを $p_i (i = 0, 1, \dots, m)$ とする。 a_i と p_i の外積の符号が全て正の場合、または負の場合、点 p_i は多角形の内部となる。そこで、 a_i と p_i の外積を k_i とし、正の場合の領域を R_i 、負の場合の領域を R_i' とし、以下の条件を設定する。

$$a_i \times p_i = k_i \quad (1)$$

$$R_i = \{k_1 \leq 0 \text{ and } k_2 \leq 0 \text{ and } \dots \text{ and } k_i \leq 0\} \quad (2)$$

$$R_i' = \{k_1 \geq 0 \text{ and } k_2 \geq 0 \text{ and } \dots \text{ and } k_i \geq 0\} \quad (3)$$

$$U_{i=1}^n (R_i \cup R_i') \quad (4)$$

式(4)をみたと領域を抽出することで、XY 平面上での範囲の特定が可能となる。

次に z の下限値を α 、最大値を β とし、以下の条件を設定する。

$$\alpha \leq z \leq \beta \quad (5)$$

式(4)、式(5)を用い任意の範囲内データを抽出する。

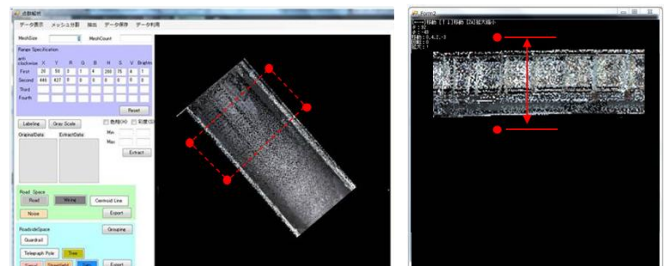
(2) 任意箇所の指示

任意の形状で抽出するために、図-4 のような Editor を構築した。XY 平面で見た図を表示させ、図-4 a) の赤枠のように範囲を指定する。式(4)を用い赤枠の範囲内のデータを抽出する。

次に、図-4 b) のように立面図を表示させ、抽出したい高さを指定する。指定した下の点を式(4)の α とし、上の点を β として z の抽出条件とする。

(3) 編集機能

点群データの使用性を向上させるために、以下の機能を付与した。



a) 平面図

b) 立面図

図-4 Editor

①分割

図-5のように構造物を分割し、分割部1、分割部2というように異なる属性を与えデータを出力する。これにより、分割した個々の箇所を異なる物体として扱う事ができ、図-6のように構造物を解体した箇所の挙動をシミュレーションすることができる。

②伸縮

点群データを伸縮させる方法として、点間を拡げたり、狭めたりする方法が考えられるが、この場合、点同士の相対的位置関係を把握しなければならず処理が複雑になる。また、伸縮させる方向に値を加算する方法では、データに空白の箇所や重複箇所がうまれる。そこで本研究では、図-7の左の点線部のように任意の箇所を切り取り、複製や除外をし、残りのデータを平行移動させることで延長、短縮とした。この機能を用いることで、計画に沿った形状に構造物を加工することができ、点群データを視点確認といった協議に利用することが可能となる。

4. 適用事例

(1) データ編集

熊本県熊本市新水前寺駅周辺を計測した点群データを用い、モデル空間上で再現したものと、現況写真を比較した図を示す(図-8, 9)。熊本県熊本市新水前寺駅地区交

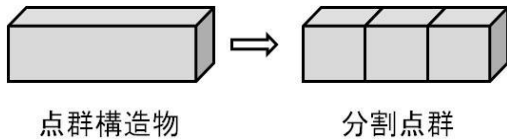


図-5 構造物の分割イメージ

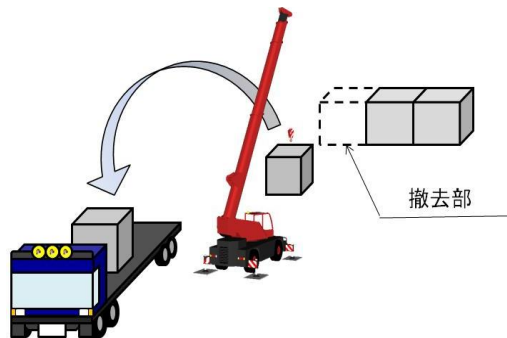


図-6 撤去シミュレーション

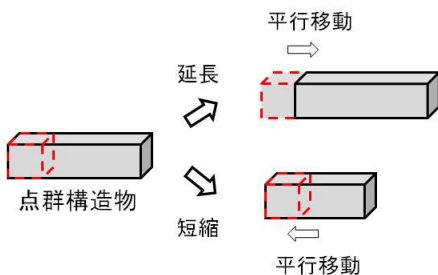


図-7 伸縮手法

通結節点改善事業における旧歩道橋撤去計画に従い、Editor を用いて図-10のように7分割し、各々別の属性とした。これにより、各箇所ごとの移動が可能となる。また、撤去予定の構造物①の部分のみの体積を座標値から算出すると 16.37m³となり、オブジェクトで再現した構造物の体積 16.57m³と誤差 1.2%であった。

また、計測されている図-11 a)の信号を編集し、アーム部のみを 1m 延長したデータを図-11 b)に示す。

(2) 協議への利用

歩道橋撤去時の施工性を検証するためにまず、計画図面に従い重機を設置し、歩道橋と街灯のデータ以外を非表示にした。計画の図面では図-11 a)の白丸で示すように、街灯の存在は記載されているが、街灯に設置されている標識が考慮されていない。点群から抽出した街灯を



図-8 現況写真



図-9 現況点群

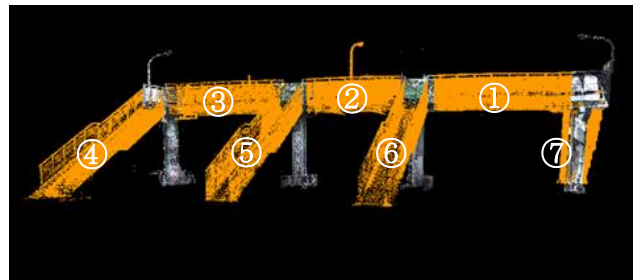
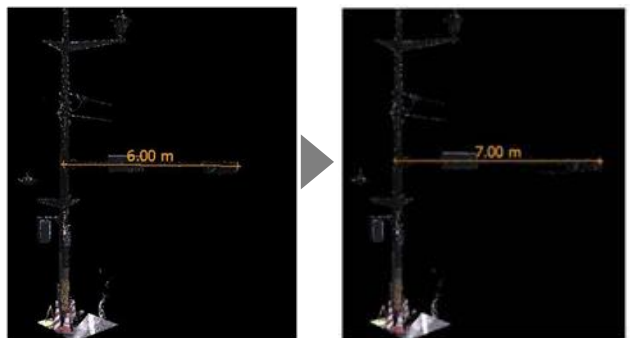


図-10 歩道橋の分割



a) 元データ b) 編集データ

図-11 アーム部の延長

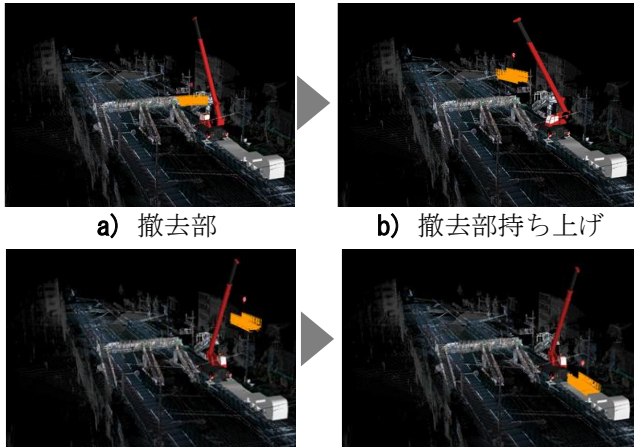
図面に追加すると、**図-11 b)**ように重機を稼働させる際の妨げとなることがわかった。重機との干渉を解消するには、重機の設置箇所の再検討が必要である。

図-10で示した①、⑥、⑦の箇所の撤去時の挙動を**図-13**のようにそれぞれシミュレーションした。重機の可動範囲および作業半径などは、計画図面をもとにおこなった。その結果、⑥の箇所を撤去する際、**図-14**の赤丸で示すように架線と干渉することが明らかとなった。また、⑦の箇所の撤去では、**図-15**の緑丸で示すように撤去部を持ち上げるだけで街灯と撤去部が干渉する可能性があることを確認できた。



a) 計画 b) 街頭設置

図-12 重機と街灯との干渉



a) 撤去部 b) 撤去部持ち上げ

図-13 歩道橋撤去シミュレーション

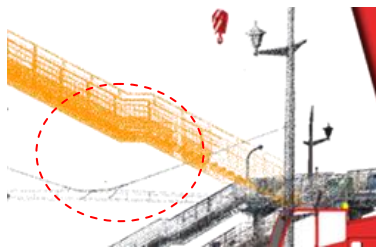


図-14 撤去部と架線の干渉



図-15 撤去部と街灯の干渉

(3) 考察

点群データを Editor 上に表示させ、任意の範囲を指定するだけで容易に編集することが可能となった。点群データを編集することで、使用性が向上し協議で利用することができると考える。本事例では、歩道橋を撤去時の形状に分割し、シミュレーションすることで施工時の問題点を発見することができた。また、これ以外にも信号のアームを延長させた際の視点を確認することも可能であるが、詳細は発表時に譲る。

点群データの必要な箇所のみを編集することで、設計時の検討、施工時の確認などに利用可能となり、汎用性が拡大すると考える。また、本事例のデータ分割は約 20 分でおこなえ、モデル作成などの労力軽減に繋がる。

5. おわりに

本研究では、点群データの Editor を開発し、データの編集をおこなった。点群データを表示させ、任意の箇所を抽出し、編集する手法を提案した。提案した手法を用い、点群で構成された歩道橋を分割し、協議への利用法を示した。

点群が容易に編集できることで、点群データの利活用の幅が広がり、運用に繋がると考える。

今後は、よりスムーズなデータ運用が図れるようにスキーマの開発をおこなう必要がある。

謝辞：本稿をまとめるにあたり、株式会社エスケイエンジニアリングには測量データを提供して頂きました。ここに記して、謝辞を表します。

参考文献

- 1) 増田宏:大規模点群に基づくインタラクティブな形状モデリングシステム, 設計工学・システム部門講演会, CD-R 論文集, 2009 年 10 月.
- 2) 石川貴一郎, 天野嘉春, 橋詰匠, 瀧口純一, 清水聡:モバイルマッピングシステムによる都市空間モデリング, 計測自動制御学会産業論文集, Vol.8, No.17, pp.132-139, 2009 年.
- 3) 上野幹夫, 小林一郎, 山本一浩, 竹下史朗:レーザー計測データを用いた避難経路用の道路網作成, 土木情報利用技術論文集, vol.16, pp.195-202, 2007 年 10 月.
- 4) 小林一郎, 宮下征士, 坂口将人, 上田誠:MMS データを用いた視距改良設計, 土木情報利用技術論文集, Vol.18, pp.1-8, 2009 年 10 月.
- 5) 宮下征士, 小林一郎, 野間卓志, 山村洋平:2種類の点群データによる落石箇所の予測と予備設計への適用, 土木情報利用技術論文集, Vol.19, pp.149-156, 2010 年 10 月.
- 6) 小林一郎, 宮下征士, 藤田陽一, 高尾篤志:立面点群データにおける車道空間の属性分析, 土木情報利用技術論文集, Vol.19, pp.185-192, 2010 年 10 月.
- 7) 小林一郎, 小林優一, 高橋優介, 吉田史朗:モデル空間での 2 次元図面データ利用に関する一提案, 土木学会論文集 F3(特集号)Vol.67, No2, pp.85-94, 2012 年 3 月.