

6ZK-01

点群データを用いたワイヤーフレームモデルによる 橋梁パラメトリックモデルの生成に関する研究

塚田義典[†] 中原匡哉[‡] 梅原喜政[†] 田中成典^{‡‡} 武内克樹^{‡‡} 中井瑞基^{‡‡}
 摂南大学経営学部[†] 大阪電気通信大学総合情報学部[‡] 関西大学総合情報学部^{‡‡}
 関西大学大学院総合情報学研究科^{‡‡}

1. はじめに

我が国では、高度経済成長期に建設された社会資本の老朽化が深刻であり、長寿命化のための点検や補修が急務[1]である。しかし、特に老朽化が著しい橋梁の多くは、工事請負契約の履行期間が経過した後設計図面や関連資料等が破棄されており、現況の形状を正確に把握できない。このため、レーザ計測機器で計測した構造物の点群データから三次元モデルを生成する技術の開発が期待されている。既存研究[2][3]では、構造物の幅や高さをパラメータとして定義したテンプレートモデルと、橋脚の点群データから遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithms, 以下 GA) を用いて橋脚の寸法値を探索し、パラメトリックモデルを生成する手法が提案されている。しかし、既存手法は、GA の探索範囲が広範であり、多大な処理時間を要する課題がある。そこで、本研究では、点群データからワイヤーフレームモデルを生成する Coarse-to-fine Pipeline[4]を用いて GA の探索範囲を限定し、処理時間を短縮させる手法を提案する。

2. 研究の概要

本研究では、図1に示すとおり点群データからワイヤーフレームモデルを生成し、寸法値を抽出する。そして、寸法値を基に GA の探索範囲を限定し、パラメトリックモデルを生成する。提案手法は、図2に示すとおり 1) 事前学習機能と

2) パラメトリックモデル生成機能により構成される。入力はテンプレートモデルと点群データとし、出力はパラメトリックモデルとする。

2.1 事前学習機能

本機能では、テンプレートモデルから、点群データのエッジとコーナを推定するモデルを構築する。まず、対象構造物を取り得る寸法値の範囲内でランダムな値をテンプレートモデルに入力し、パラメトリックモデルを生成する。次に、その表面に点群データを発生させ、エッジとコーナを定義する。そして、それらを学習データとして Coarse-to-fine Pipeline に適用し、特徴量を学習させることで推定モデルを構築する。

2.2 パラメトリックモデル生成機能

本機能では、GA を用いて点群データからパラメトリックモデルを生成する。既存手法の課題[3]を解決するため、構造物の辺の位置関係や長さを基にテンプレートモデルに対応した寸法値をワイヤーフレームモデルから抽出し、GA を用いて寸法値を探索する時の初期値とする。まず、エッジとコーナ推定モデルを参照し、点群データのエッジとコーナを推定する。その後、推定した各コーナを結ぶ辺の内、推定したエッジに近接する辺のみで構成されたワイヤーフレームモデルを生成する。そして、そこから抽出した寸法値の近傍に GA の探索範囲を限定し、パラメトリックモデル生成の高速化を図る。

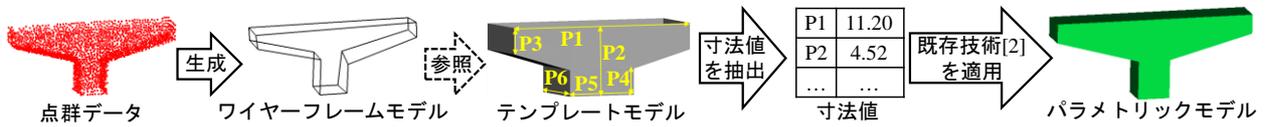


図1 研究の概要

Research for Generating Parametric Model for Bridge Based on Wireframe Model Using Point Cloud Data

[†] Yoshinori Tsukada and Yoshimasa Umehara
Faculty of Business Administration, Setsunan University

[‡] Masaya Nakahara
Faculty of Information Science and Arts
Osaka Electro-Communication University

^{‡‡} Shigenori Tanaka and Mizuki Nakai
Faculty of Informatics, Kansai University

^{‡‡‡} Katsuki Takeuchi
Graduate School of Informatics, Kansai University

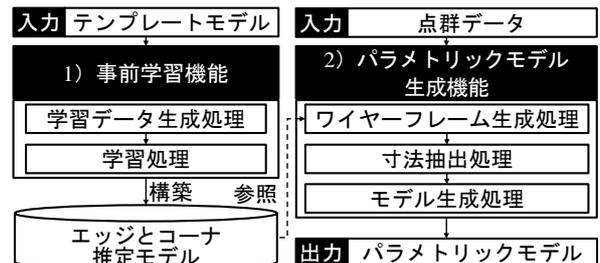


図2 提案手法の流れ

3. 実証実験

本研究では、Livox 社の Horizon を用いて計測した、京都府京都市伏見区にある新観月橋の橋脚点群データを対象として提案手法の有用性を検証するための実験を行う。

3.1 実験内容

本実験では、まず、一部が欠損した 2 パターンの橋脚点群データ A と B に既存技術[3]を適用し、欠損箇所の形状を補完した点群データを生成する。次に、処理時間を短縮するため、生成した点群データを Coarse-to-fine Pipeline に入力できる最少の 2,048 点にダウンサンプリングして入力データとする。最後に、提案手法と既存手法を各点群データに対して適用し、GA により寸法値を推定することで提案手法の有用性を評価する。評価方法は、寸法値の推定結果と手で計測した入力点群データの最確値 (表 1) の差分と、それぞれに要した処理時間の比較とする。

3.2 結果と考察

実験結果を表 2 に示す。提案手法を用いた実験 A-1 と B-1 では、ワイヤフレームモデルから抽出した寸法値に基づいて GA の探索範囲を限定したことで、いずれも処理時間が 5 分未満となり高速化に成功した。また、図 3 に示すとおり、点群データと生成したパラメトリックモデルの形状は概ね一致しており、特に実験 A-1 では全ての寸法値の差分が 0.05m 以下となった。そのため、提案手法は既存研究の精度を維持し、計算時間の課題を解消できたと考えられる。実験 B-1 と B-2 では、一部パラメータの差分が 0.30m 以上となり、他の実験結果と比較して精度が低下した。これは、既存技術で補完した箇所に、点のぶれや歪みなどのノイズが発生したためと考えられる。そのため、ノイズを除去することで誤差の改善が可能かを今後検証する。以上より、橋脚点群データを用いた実験では、提案手法を用いることで、パラメトリックモデル生成の高速化ができることを明らかにした。

4. おわりに

本研究では、深層学習を用いて点群データのワイヤフレームモデルを生成し、そこから抽出した寸法値を利用することで、GA によるパラメトリックモデルの生成を高速化する手法を提案した。そして、実証実験により、橋脚点群データを用いて提案手法の有用性を確認した。今後は、点群データの欠損箇所を補完した時に生じるノイズを除去することで、パラメトリックモデルの生成精度の向上を図る。そして、橋脚以外の構造物にも適用できるように改良を繰り返すことで、手法の適用範囲の拡大を目指す。

表 1 入力点群データの最確値

パターン	最確値 (m)					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
A	11.21	4.58	1.05	2.23	1.82	1.79
B	11.15	6.05	1.00	3.69	1.83	1.78

表 2 実験結果

実験		パラメータ (m)						処理時間
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	
A-1	推定結果	11.20	4.60	1.10	2.20	1.80	1.75	4 分
	差分	0.01	0.02	0.05	0.03	0.02	0.04	
A-2	推定結果	11.25	4.50	1.00	2.25	1.75	1.75	87 分
	差分	0.04	0.08	0.05	0.02	0.07	0.04	
B-1	推定結果	11.45	6.00	1.00	3.70	1.85	1.75	3 分
	差分	0.30	0.05	0.00	0.01	0.02	0.03	
B-2	推定結果	11.50	6.00	1.00	3.75	1.75	1.75	115 分
	差分	0.35	0.05	0.00	0.06	0.08	0.03	

凡例 A-1・B-1：提案手法 A-2・B-2：既存手法

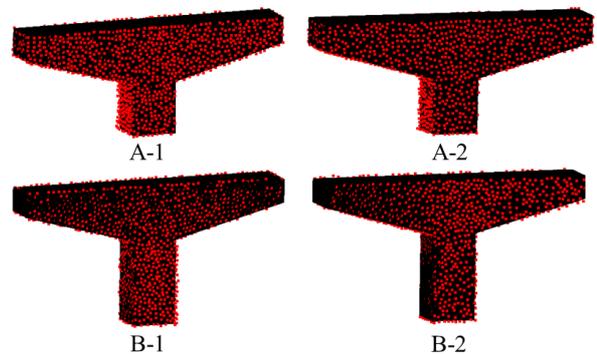


図 3 点群データとパラメトリックモデルの可視化結果

参考文献

- [1] 国土交通省：老朽化対策の取組み, 国土交通省 (オンライン), 入手先 (<https://www.mlit.go.jp/road/content/001574275.pdf>) (参照 2024-01-10) .
- [2] 窪田諭, 塚田義典, 梅原喜政, 田中成典：点群データを用いた橋梁パラメトリックモデルの生成に関する研究, 情報処理学会論文誌, Vol.62, No.5, pp.1234-1245 (2021) .
- [3] 塚田義典, 中原匡哉, 梅原喜政, 窪田諭, 田中成典, 武内克樹：点群補完技術を用いたパラメトリック橋梁モデルの生成に関する研究, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.79, No.22, pp.1-9 (2023) .
- [4] Tan, X., Zhang, D., Tian, L., Wu, Y. and Chen, Y.: Coarse-to-fine Pipeline for 3D Wireframe Reconstruction from Point Cloud, *Computers and Graphics*, Vol.106, pp.288-298 (2022).