

3D レーザスキャナと SfM からの点群データを活用した橋梁の復元図作成の検討

ジェイアール東海コンサルタンツ 正会員 ○谷口 真奈花
ジェイアール東海コンサルタンツ 非会員 平野 秀臣
愛知工業大学 正会員 山本 義幸
愛知工業大学 正会員 中村 栄治

1. はじめに

橋梁の高齢化による補修・補強工事が多く行われている。これらを実施する際に、橋梁台帳や竣工図がない場合は復元図を作成する。一般に、復元図はトータルステーションなどによる測量成果から作成される。これに対して、近年、3D レーザスキャナ（以後、3DLS と称す）や SfM(Structure from Motion)による点群データから形状計測を行う試みが実施されつつある。これらの手法は、従来手法と比較して、対象物全体にわたる三次元位置情報の取得が可能である。そのため、これらの手法を活用することで復元図を効率よく作成できる可能性がある。

本研究は、3DLS と SfM を活用した橋梁の復元図作成の実利用性を検討した。実橋梁を対象に、主に、3DLS からの点群データから復元図作成を試みた。この結果を検証し、SfM の点群による復元図作成補完法について検討した。最終的に、両手法による橋梁の復元図作成の実利用性について考察した。

2. 手法

表 1 は、対象とした橋梁の諸元である。表 2 は、使用した機器とアプリケーションの一覧である。これらを使用して、点群データ作成と復元図作成を行った。以下に、作成手法を記述する。

2.1 点群データ作成

(1) 3DLS

現地で 6 カ所から FARO 製 Laser Scanner Focus 3D で計測した。それぞれの場所で取得した点群データを JRC 3D Reconstructor で結合した。

(2) SfM

対象橋梁の一部を一眼レフカメラ（NiconD810 約 3600 万画素）で 80%以上重なるように歩きながら撮影した。撮影画像を Visual SfM^{1,2,3)}で処理し、さらに SURE⁴⁾にて高密度点群を作成した。

2.2 復元図の作成

図 1 に、点群データからの復元図作成の流れを示す。復元図作成での主となる処理は Point Cloud Library (PCL)を使用した。以下に、それらの処理の概略を記述する。それらの処理で使った PCL の機能名を()内に示す。

表 1 対象橋梁の諸元

種別	プレストレストコンクリート道路橋
上部工形式	ポストテンション方式 P C 単純 T 桁橋 (セグメント工法)
橋長	27.800m
桁長	27.700m
支間	27.000m
有効幅員	2.300m＋7.00m＋2.300m
下部工形式	逆 T 式橋台
荷重	B 活荷重
竣工年	平成 25 年 3 月

表 2 使用した機器とアプリケーション

3DLS	機器	FARO 製 LaserScannerFocus3D
	アプリケーション	GEXCEL 製 JRC 3D Reconstructor Point Cloud Library libLAS
SfM	機器	NiconD810(85 mm レンズ補正有)
	アプリケーション	Visual SfM SURE Point Cloud Library libLAS
可視化	アプリケーション	AutoCAD 2016 Autodesk ReCap 2016 PointCloudViz

キーワード 橋梁，復元図，維持管理，レーザスキャナ，点群，SfM

連絡先 〒450-0002 名古屋市中村区名駅五丁目 33 番 10 号アクアタイン納屋橋 ジェイアール東海コンサルタンツ(株) TEL 052-746-7130

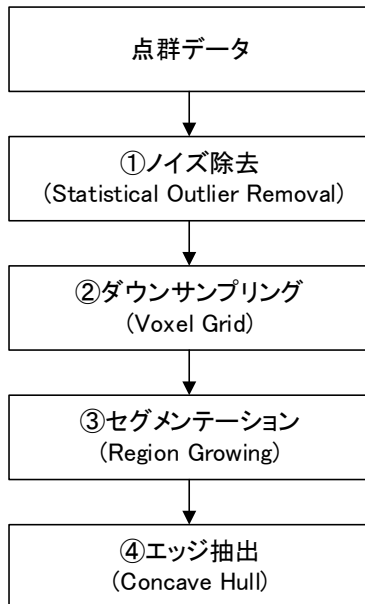


図2 対象橋梁の点群可視化

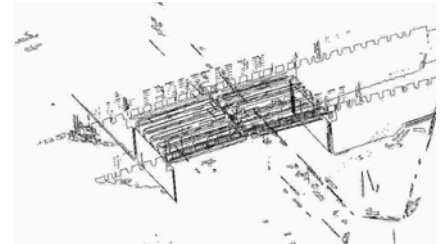


図4 エッジ検出結果

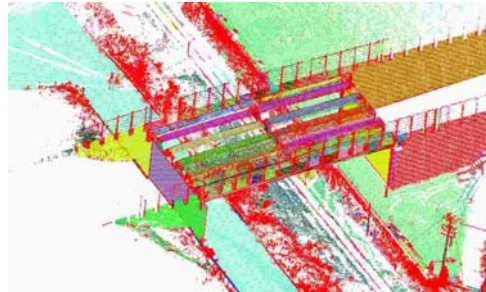


図3 点群の分類結果

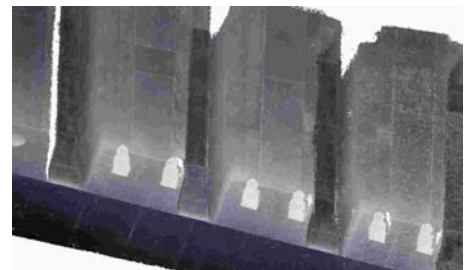


図5 SfMによる桁部分の点群

図1 復元図作成手法の流れ

- ① ノイズ除去 (Statistical Outlier Removal) : 点群のまとまりから外れた点の除去処理
- ② ダウンサンプリング (Voxel Grid) : 点群データの間引き処理
- ③ セグメンテーション (Region Growing) : 隣接し同じ平面上に位置する点群グループに分類
- ④ エッジ抽出 (Concave Hull) : 分類した点群グループごとで外縁部分の点を抽出

抽出したエッジの点群と竣工図や TS による計測結果と比較して復元図作成について検討した。

3. 結果・考察

図2は作成した対象橋梁の点群の可視結果である。図3はセグメンテーション処理後に、分類された点群グループを色分けして表示したものである。図4は分類した点群グループそれぞれでエッジ検出した結果を可視化したものである。この結果と竣工図や TS による計測結果を比較して得られた考察は下記のとおりである。

- (1) 点群データにおいて面取り部も取得され分類されており、部材寸法の取得では考慮が必要である。
- (2) 10cm 単位ならば一般図の概形描画は可能である。それ以上の精度向上では点群の細線処理、計測方法での課題を有す。
- (3) 点群の分類結果と部材の対応付けに難があるが、部材の特徴量で自動分類できる可能性がある。
- (4) 3DLS 計測では死角領域が存在し、図面作成に大きく影響を与える可能性がある。

特に(4)は、橋梁補修で重要な桁部分での死角領域が特に懸念されるところである。図5は、SfM により作成した桁部分の点群データである。死角部分を補完するとともに非常に高密度の点群を作成することができた。

4. まとめ

本研究結果から、3DLS と SfM による点群から橋梁の復元図作成の可能性・留意点などを明らかにした。今後は、さらなる精度検証と部材の特徴量のデータベース化、自動分類に取り組む予定である。

謝辞

株式会社 SGS の久松秀雄氏から JRC3D Reconstructor の使用法についてご教示頂いた。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) Changchang Wu, "VisualSFM: A Visual Structure from Motion System", <http://ccwu.me/vsfm/>, 2011
- 2) Changchang Wu, Sameer Agarwal, Brian Curless, and Steven M. Seitz, "Multicore Bundle Adjustment", CVPR 2011
- 3) Changchang Wu, "SiftGPU: A GPU implementation of Scale Invariant Feature Transform (SIFT)", <http://cs.unc.edu/~ccwu/siftgpu>, 2007
- 4) Rothermel, M., Wenzel, K., Fritsch, D., Haala, N. (2012). SURE: Photogrammetric Surface Reconstruction from Imagery. Proceedings LC3D Workshop, Berlin, December 2012