

(26) オープンソース・ソフトウェアによる 点群データのサーフェイス化とCIMデータ連携

橋爪 宏之¹

¹非会員 一般財団法人日本建設情報総合センター (JACIC) 研究開発部 主任研究員

(〒107-8416 東京都港区赤坂7-10-20)

E-mail: hashizume-h@jacic.or.jp

屋内外の大規模な環境を、最新の測量技術により、高速・高密度に3次元でデジタル計測し、現物形状を反映したas-built型3次元モデルを構築する技術が土木、建築、設備管理等の分野で利用されつつある。しかし、高精度で効率的なデータ測定、大規模データの効率的ハンドリング、形状認識、CADデータ交換などにはまだ多くの課題が残されており、それらを解決するため様々な取り組みが行われている。本研究では実際の屋外の大規模な点群データをもとに、オープンソース・ソフトウェア(以下OSSと略す)を活用し、簡便にサーフェイス化する手法を試した。

Key words: large scale point clouds, surface reconstruction, open-source software, MeshLab, CloudCompare, CAD data exchange, CIM

1. はじめに

屋内外の大規模な環境を、高度化するレーザープロファイラ、モバイルマッピングシステム、写真測量技術により、高速・高密度に3次元でデジタル計測し、現物形状を反映したas-built型3次元モデルを構築する技術が土木、建築、設備管理等の分野で利用されつつある¹⁾。しかし、高精度で効率的なデータ測定、大規模データの効率的ハンドリング、形状認識、CADデータ交換などにはまだ多くの課題が残されており、それらを解決するため様々な取り組みが行われている。本研究ではCIM²⁾の研究の一環として、実際の屋外の大規模な点群データをもとに、OSSを活用し、簡便にサーフェイス化する手法を試したものである。

2. 処理対象の点群データ

JACICでは東急建設とのCIMの共同研究の一環として、渋谷駅付近の国道246号地下ポンプ室周辺の地形や構造物の現状を取得するため、地上型レーザープロファイラでデジタル計測した。使用した計測機器はLeica Geosystemsのタイム・オブ・フライト方式のScanStation C10である。計測データの諸元を表1に記載する。

渋谷駅周辺は国内有数の繁華街のため深夜に点群計測

表-1 計測点群データについて

計測開始	2014/1/16(木) 22:30
計測終了	2014/1/17(金) 7:30
計測場所	図-1 の JR 渋谷駅横の国道 246 号線沿いの対象エリア
計測地点数	13箇所 (国道246号線の両脇歩道)
計測点数	1億3000万点
ファイル	ext形式のPTX ³⁾ 形式、ファイルサイズは色情報付きで約5GB

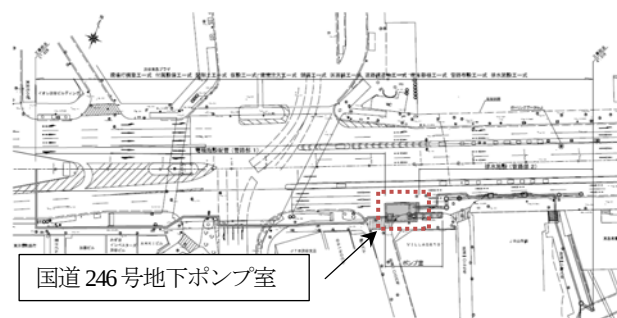


図-1 計測対象エリアの全体平面図

を行ったが、幹線道路である国道246号線上にはタクシーを中心に車両が多数通過または停車していた。

合計13地点に計測機器を設置のうえレーザー計測した。設置時間を除き、1地点毎の計測時間は計測密度が15mmの場合に約3分、10mmの場合に約5分を要した。それぞれの地点での取得点群数を表-2に示す。

表-2 計測点群数と計測密度

計測地点 番号	計測点数 (点)	計測密度 @10m(mm)
1	4,145,723	15
2	5,927,139	15
3	4,874,026	15
4	14,627,508	10
5	5,559,287	15
6	9,850,103	10
7	13,415,797	10
8	13,181,313	10
9	9,633,281	10
10	14,618,036	10
11	14,627,535	10
12	9,916,276	10
13	9,819,908	10

13地点の結合には、結合用専用ターゲットを利用したターゲット測量の情報を利用している。なお、RGB情報は、点群の取得速度を上げるためと、夜間の撮影では光量が不足するため、早朝に同じ位置で撮影し直し、それをLeica Cycloneソフトウェアでレジストレーションすると共に合成処理した。

3. OSSによる処理

OSSの点群処理ソフトウェアMeshLab⁴⁾と補助的にCloudCompare⁵⁾を使用し点群からのサーフェイス化を行い、扱いやすい三次元データに整形した。

MeshLabでの大規模点群の表示は、全てをメモリに読み込んで一度に処理を行う仕組みのため表示速度に難があるものの、点群の調整ツールとしてはノイズの除去や間引き処理等、研究論文で発表されてきた多彩な点群処理の適用が可能である。MeshLabのファイルI/Oや各種効果はvclib⁶⁾の成果を利用している。MeshLabとvclibは共にイタリアのISTIのVisual Computing LabがOSSとして公開している。

MeshLab v1.3.3でLeicaのptxをインポートする際、ポイントファイルではなくメッシュファイルとして読み込ま

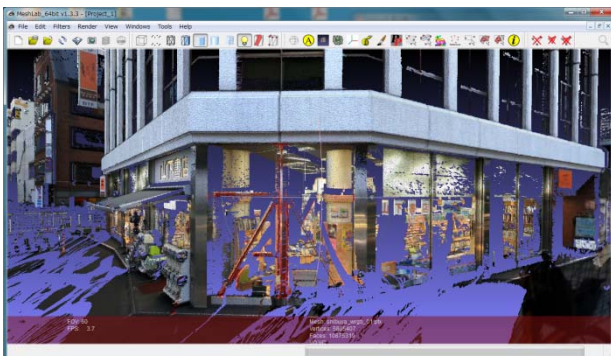


図-2 MeshLab 画面

せることが可能である。これは計測機器の位置情報を利用してメッシュを生成している。MeshLabには点群として読み込んだ上で、いくつかのパラメータを与えることでメッシュを生成するコマンドもあるが、位置情報を利用しないのでメッシュ化の精度は低下する。

さらにMeshlabでLeica ptx形式データを読み込んでメッシュ生成した場合、非常にジオメトリ(三角形パッチ)数が多く、データが重すぎて閲覧に耐えなかったため、処理1～3に示すポリゴン量の削減処理を適用した。

処理1 (微小メッシュの削除)

Filters -> Cleaning and Repairing -> Remove Isolated pieces (wrt Diameter) を計測地点 4,5,10,11番のメッシュデータに対して、適用し、直径1cm以下の独立メッシュの削除を実行した(図-3)。

この処理で主に削除されるのは高架下にあるネットに当たった計測点である。直下で計測したため立体と認識できず莫大な微小孤立ポリゴンが発生していた。

処理2 (メッシュの統合による簡略化)

Filters -> Remeshing, Simplification and Reconstruction -> Quadric Edge Collapse Decimation を次に適用しメッシュを統合処理させた(図-4)。削減後のポリゴン総数を0.2と指定し、Qualityの閾値を0.8とした。他のオプション値はメッシュ境界保存(値1.0)と法線を保存する設定を指定し、

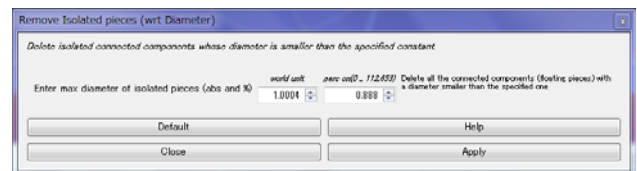


図-3 微小メッシュの削除時の設定

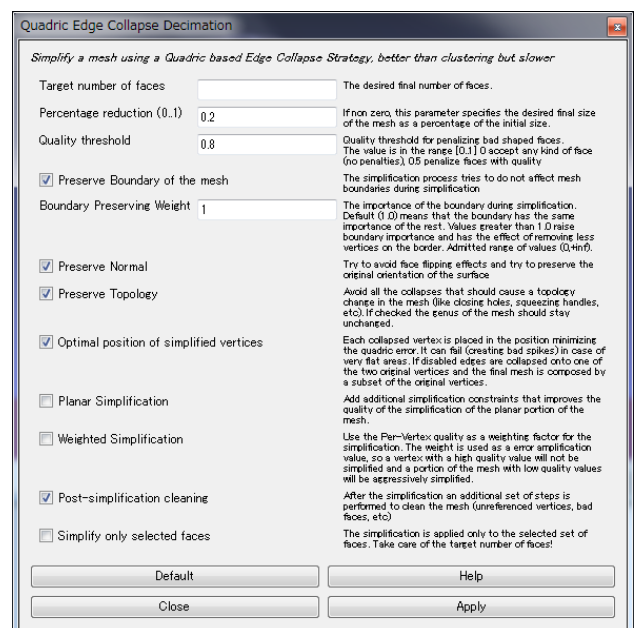


図-4 メッシュの統合処理時の設定

その他のオプションは変更していない。

処理3（不要部分の削除とファイル形式の変換）

CloudCompareでは全体を確認しながら不要部分の削除処理を行った。

MeshLabでply形式(スタンフォード大フォーマット)で保存した部分ファイルをCloudCompareで読み込ませ、segmentツールで範囲外の不要箇所(計測点から遠いサーフェイス)を削除した。この削除処理もMeshlabで処理できればよかったのだが、Meshlabの編集ツールでは不安定で正常に処理できなかった(原因不明)。

CloudCompareでは二次元の閉ポリゴン領域でジオメトリの選択できるため、モデルが複雑でない場合は効率的に選択・除去できる。この処理後、Autodeskの交換フォーマットであるfbx形式にエクスポートした。

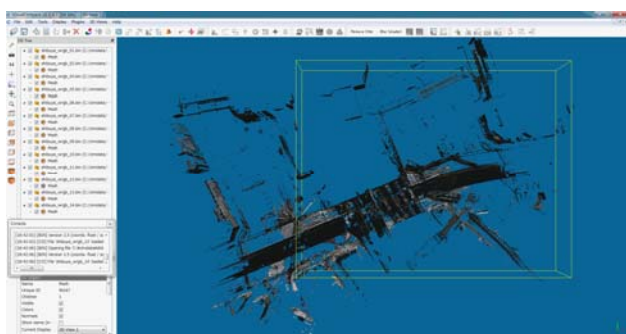


図-5 CloudCompareによる編集

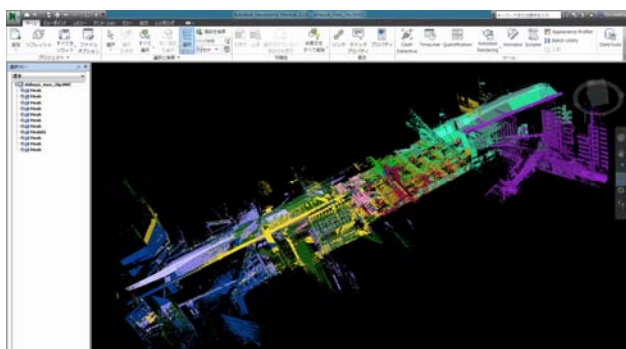


図-6 Navisworks 2014 でのサーフェースモデル表示

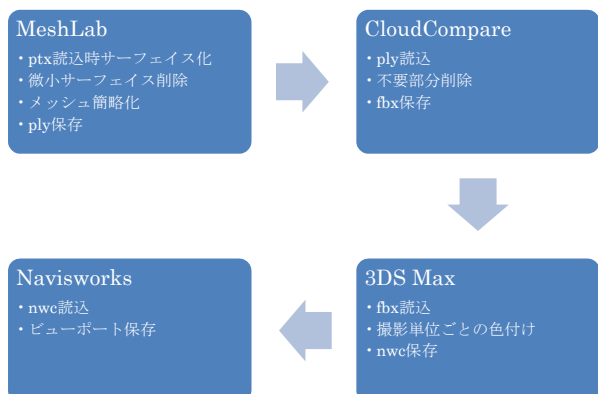


図-7 渋谷点群モデルのサーフェース化と処理手順

最後にfbx形式ファイルをAutodesk 3DS Maxに読み込み（この時点で頂点カラーが失われてしまう）、撮影単位ごとの色付けを行ない、最終的にCIMにおいて標準的なビューア環境となっているAutodesk Navisworksで読めるようnwc形式のファイルにエクスポートした（図-6）。

今回の処理手順をまとめたものを図-7に示す。

4. 処理結果

対象とした計測点群データをMeshlabで読み込み時のポリゴン数が合計約2億2000万であったものを、処理1～3を適用することにより約4000万に削減できた。これにより対話応答性のある実時間でのウォークスルー表示等が可能になった。同一地点での出力結果を図-8に示す。

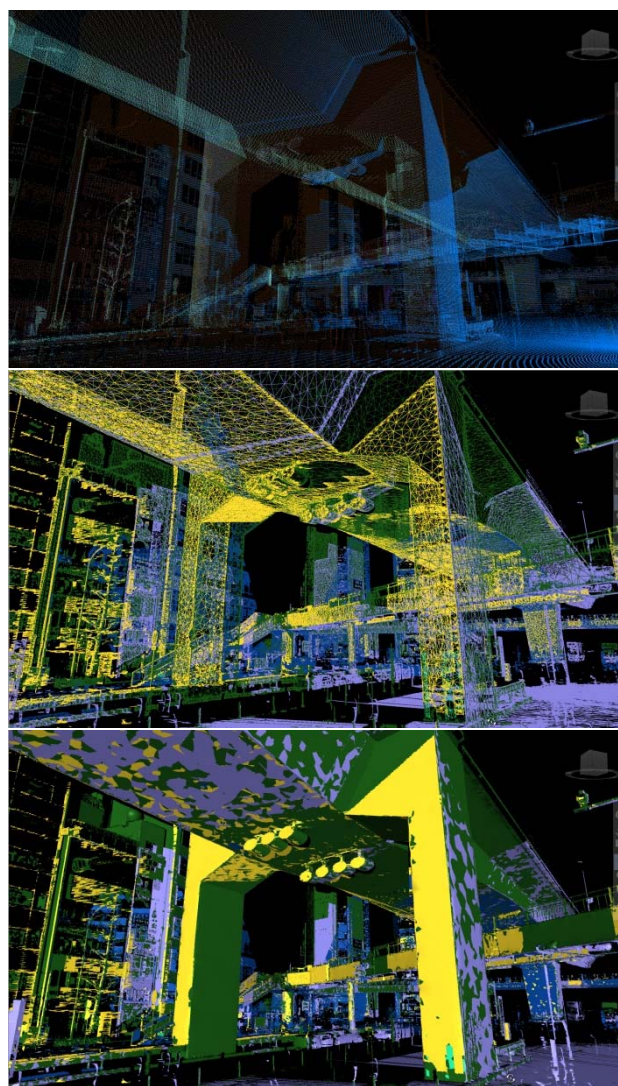


図-8 上：処理前の点群，中：処理後のワイヤーフレーム表示，
下：同サーフェース表示（計測単位毎に色分け）

今回は大規模点群モデルに均一な処理を適用したが、CIMにおいて必要とされる詳細度は部位により異なる。そのため、モデルを幾つかに分割し、それぞれ別の簡略化レベルを適用することで、より効果的にサーフェイス化モデルの運用が可能となろう。

参考までに、商用の点群処理環境であるAutodesk Recapにptxファイルをそのまま読み込ませて、色付き点群表示した例を図-9に示す。また図-8で示した地点以外の首都高橋脚下部のサーフェイス化例を図-10に示す。

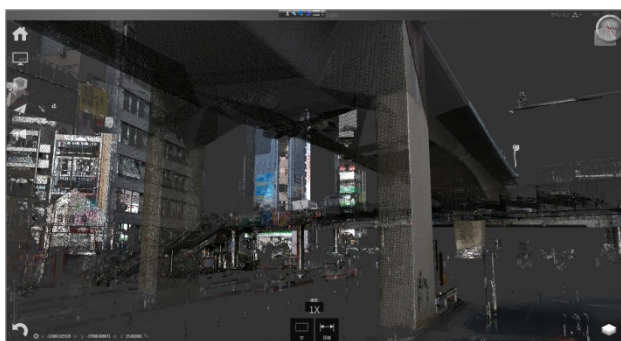


図-9 Autodesk Recap による色付き点群表示

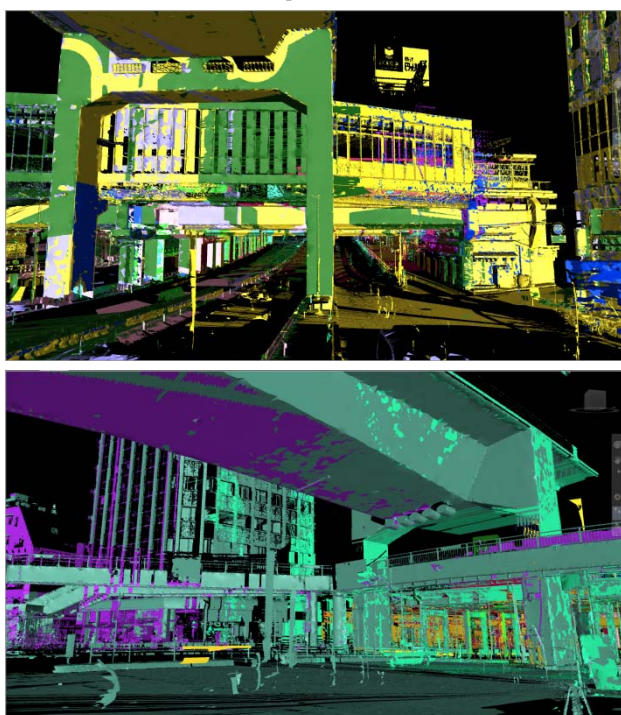


図-10 首都高橋脚付近のサーフェイス化例
(計測単位毎に色分け)

5. 結論

CIMで端末として利用が想定されるハードウェアであるPCやタブレットが年々進化しているとはいえ、大規模点群データのままではハードウェアの処理能力の限界を越えることが多々ある。商用ツールでは読み込み量を動的に制限（簡略化）することで高速化を行って対話応答性を保っているものの、元の大規模点群データのファイルサイズの肥大により、簡単にハンドリングできるものとは言いがたい。

本稿では、OSSにより簡便に大規模点群のサーフェイス化する手法について説明した。今後は、CIM実現の際の現物形状を反映したas-built型3次元モデルを構築する技術の一つとして、適用可能な事例が広がることが考えられる。

謝辞：本稿をまとめるにあたり、ライカジオシステムズ株式会社とビック測量設計株式会社から点群データを提供いただいた。ここに記して謝辞を表すものである。

参考文献

- 1) 精密工学会: 大規模環境の3次元計測と認識・モデル化技術 専門委員会 入会案内, <http://srm3d.jspe.or.jp/overview/pdf/jspe_3dscm_guidance.pdf>, (入手 2015.6.30) .
- 2) JACIC: 建設生産プロセス全体を一体的に捉え建設情報の統合・融合による新しい建設管理システム Construction Information Modeling/Management, <http://www.cals.jacic.or.jp/CIM/index_CIM.htm>, (入手 2015.6.30) .
- 3) Leica Geosystems: Cyclone pointcloud export format - Description of ASCII .ptx format, <<http://www.leica-geosystems.com/kb/?guid=5532D590-114C-43CD-A55F-FE79E5937CB2>>, (入手 2015.6.30) .
- 4) ISTI - CNR research center: MeshLab, <<http://meshlab.sourceforge.net/>>, (入手 2015.6.30) .
- 5) Telecom ParisTech and the R&D division of EDF: CloudCompare - 3D point cloud and mesh processing software Open Source Project, <<http://www.danielgm.net/cc/>>, (入手 2015.6.30) .
- 6) ISTI - Visual Computing Lab: The VCG Library, <<http://vcg.isti.cnr.it/vcglib/>>, (入手 2015.6.30) .