

(35) レーザスキャナと SFM の統合のための 対応点の選択手法

藤里 和樹¹・檀 寛茂²・安室 喜弘³

¹ 非会員 関西大学大学院 理工学研究科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3 丁目 3 番 35 号)

E-mail:k434014@kansai-u.ac.jp

² 非会員 ³ 正会員 関西大学教授 環境都市工学科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3 丁目 3 番 35 号)

災害現場や文化財の記録の際には、レーザスキャナやドローンによる空撮を用いた SFM (Structure from Motion) が利用されている。レーザスキャナには三脚の設置の際に足場の制約があり、一方で SFM だけでは正確な実寸データが得られない。そこで、本研究では両者を統合する手法を提案する。レーザスキャナ併設の構成済みカメラで撮影された画像上に、SFM で復元された 3 次元メッシュを投影して両者の点群を対応づけ、統合するための最適な変換パラメータを求める。同一シーンに対して、一部を計測したレーザスキャナと、ドローンで網羅的に撮影した画像による SFM のデータを用いて、本手法の有効性を示す。

Key Words: point cloud data, laser scanning, registration, photogrammetry

1. はじめに

災害現場や文化財の 3 次元記録では、レーザスキャナやドローンによる空撮などを用いた多視点画像による SFM (Structure from Motion) が利用されている。地すべり災害発生時¹⁾においては、3 次元モデルの構築は現場の理解、救助活動の方針決定に有益である。しかし、スキャナ計測時には設置するための安定した足場の確保が必要とされ、またオクルージョンによるデータ欠損が容易に起こるために計測箇所を多めにとると、時間と労力が増加してしまう。一方、ドローンをを用いた空撮では、足場が悪い場所や立ち入りが困難な場所においても網羅的に撮影することができ、撮影した画像に SFM 処理を施すことで 3 次元情報を取得できる。しかし、復元結果のスケールは不定であるため、何らかの方法で別途実寸と整合させる必要がある。

2. 従来の 3 次元点群の統合手法

多くの既存の点群データ処理ソフトでは、形状フィッティングに基づいて異なる点群データファイル間での位置合わせを行う。これは ICP (Iterative Closest Point) 法に基づいており、点群間で点同士の対応関係と相対的な位置姿勢を更新しながら繰り返し計算に

より、対応点間の距離の総和を最小にする。したがって、SFM やレーザスキャナなどでは、点群データの取得方法は特に考慮されずに行われ、尤もらしい対応個所のペアを与えないとうまく形状がフィットしない場合も多い。本研究では正確で迅速なモデルの作成を目的とし、両者を統合する手法を提案する。

3. 提案手法

本研究では、図-1 に示すレーザスキャナに併設されている校正済みカメラで撮影された画像を積極的に用いて、レーザスキャンから得られてた 3 次元点群データと SFM で復元された 3 次元メッシュを統合する手法を提案する。併設のカメラでは、レーザで取得した各 3 次元座標点に色情報を付与するために用いられる。したがって、このカメラで撮影した画像の各画素にはスキャナで得た 3 次元座標が対応付けられている。そこで、スキャナカメラの画像とドローンで空撮した画像とが混在した画像群に対して SFM を実施すると、自ずとスキャナ併設カメラの画像が統合される。次に、3 次元メッシュをスキャナ画像上に投影する視点から眺め、一方でスキャナ点群に対しても同様の視点に合わせることで、画素の比較を行い 3 次元点群の対応を担保することができる。SFM による 3 次元再構成結果

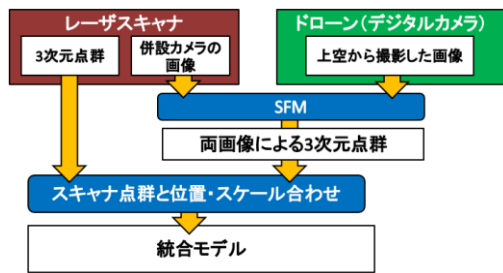


図-1 提案手法による処理手順



図-2 画像群（左）とSFMによる3次元点群（右）

で生成される点群は不均一であるが、これを MVS（Multi-View-Stereo）法などで密なメッシュ化を生成することで、スキャナ併設カメラ画像上に撮影された任意の画素とメッシュ上の3次元位置の対応付けが可能となる。スキャナ併設カメラの画像を介して、SFMで生成した3次元メッシュとレーザスキャナの3次元点群との間で、3点以上の対応付けを行い、両者を一致させるための変換パラメータを計算する。SFMによる3次元メッシュをスキャナ点群の座標系に変換することにより、全体として実寸スケールに統一され、レーザで走査できなかった箇所もSFMのモデルにより形状が補間された3次元メッシュが得られる。

4. 実装実験

(1) 実験環境と使用機材

本研究では、足場が悪く、またオクルージョンが生じやすい複雑な形状を有するシーンとして、関西大学構内の廃材置き場を対象として実験を行った。今回はレーザスキャナとして LMS-Z420i（リーグル社）、空撮用機材として Phantom2（DJI 社）と SFM 処理のためのカメラとして GoPro HERO4（Woodman Labs 社）を使用した。レーザスキャナにより廃材置き場の左右2箇所から計測を行い、一方でドローンを用いて上空から網羅的に撮影した（図-2（左））。

(2) SFMの適用・メッシュ化

スキャナ併設カメラによる画像とドローン併設のカメラから撮影した総数 133 枚を合わせて Visual SFM により SFM を適用し、3次元点群情報と各撮影位置のカメラパラメータを取得する。次に、SFM によって取得したカメラパラメータと画像に Multi-View-Stereo ソフトウェアである、Patch-based Multi-View Stereo（PMVS）を適用してメッシュ化を行う。処理結果として 100 万頂点のメッシュを得た（図-2（右））。



図-3 スキャナ点群（左）と統合モデル（右）

(3) 位置・スケール合わせ

スキャナ併設カメラ画像上に3次元メッシュを投影させる視点に設定し画素を選択すると、マウスクリックの技術により3次元メッシュ状で対応する3次元位置座標が一つ決まる。今回は手動で画素を5点選び、画素に画素に対応した3次元点群を取得する。変換行列を求め、それをSFMのメッシュモデルの各頂点座標に乗ずることで、レーザスキャナと統合する。SFMのメッシュモデルの各頂点座標に乗ずることでレーザスキャナと結合を行う。統合結果を図-3（右）に示す。

5. おわりに

本研究では、レーザスキャナとSFMにより作成されたモデルの統合手法を提案した。結果、レーザスキャナでは計測が困難である箇所に対して3次元メッシュで補間することができた。今後は、手動に依らず対応点を多数決定する方法を検討し、また多くの事例に適用して精度の評価を行うことが課題である。

謝辞：本研究の一部は独立行政法人日本学術振興会科学研究補助費（15H02983, 16H05000, 15K02977）の援助による

参考文献

- 1) 新井場公徳：フィリピン・レイテ島地すべり災害における救援活動の実態と応援技術の性能調査報告書，2007.
- 2) Wu, C.: Toward Linear-time Incremental Structure from Motion, 3DV 2013, pp. 127-134, 2013.