

レーザスキャナと SFM の併用による統合的 3 次元記録手法

藤里 和樹[†] 北田 祐平[‡] 松下 亮介[‡] 檀 寛成[†] 安室 喜弘[†]

[†]関西大学 環境都市工学部 [‡]関西大学大学院 理工学研究科

1 はじめに

災害現場や文化財の記録では、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。レーザスキャナは、レーザビームパルスにより測距を行いながら物体表面を走査し 3 次元点群データとして形状情報を取得できる。短時間で広範囲の計測が可能であるが、計測時には安定した足場の確保が必要である。また、オクルージョンによるデータの欠損が容易に起こるため、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、ドローンなどを用いた空撮では、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。SFM は、カメラ視点を変えながら撮影した複数枚の画像から被写体の 3 次元形状とカメラの位置を同時に復元する手法である。SFM の一般的な処理手順では、対象シーンに対して、例えば図 1 のように回り込むように視差を作りながら撮影した複数枚の画像に対して特徴量を抽出し、画像間でその特徴点群の対応関係を獲得する。次にその対応関係を記述した行列を生成し、それを因子分解することで各特徴点の 3 次元座標とカメラ位置を推定する。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。



図 1: SFM による画像群からの 3 次元復元

3D Record used Laser and SFM Technique
 Kazuki Fujisato[†], Yuhei Kitada[‡], Ryosuke Matsushita[‡], Hiroshige Dan[†]
 and Yoshihiro Yasumuro[†]
[†]Faculty of Environmental and Urban Engineering, Kansai University
[‡]Graduate School of Science and Engineering, Kansai University
 3-3-35 Yamate, Suita, OSAKA, 564-8680, JAPAN

2 従来の 3 次元情報の統合手法

多くの既往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、点群間で点どうし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化する。したがって、SFM やレーザスキャナなど、点群データの取得方法は特に考慮せずに行われ、尤もらしい対応箇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。そこで、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

図 2 に示すように、本研究では、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した画像を積極的に用いて、レーザスキャナから得られた 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。スキャナ併設のカメラは、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 次元座標が対応づけられている。

そこで、スキャナ併設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、SFM による 3 次元復元結果には、自ずとスキャナ併設カメラの画像が統合される。したがって、SFM で復元された 3 次元メッシュをスキャナ併設カメラ画像上に投影することで、スキャナによる 3 次元点群との対応が担保できる。SFM による 3 次元再構成結果で生成さ

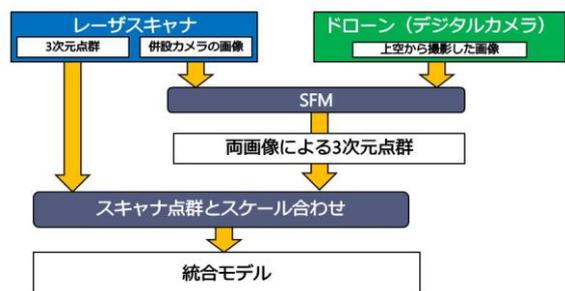


図 2: 提案手法による処理手順

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投影された任意の画素と、メッシュ上の 3 次元位置とを対応付けることが可能となる。

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行列を計算する。SFM の 3 次元メッシュをレーザスキャナ座標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 次元モデルが得られる。

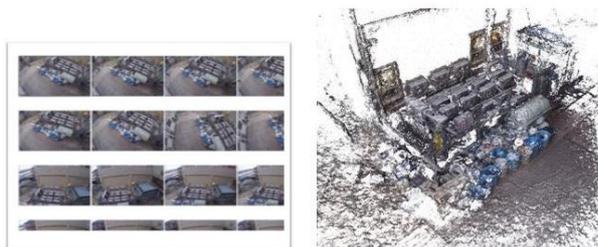


図 3: 画像群(左)と SFM による 3 次元点群(右)

4 実験

本研究では、足場が悪く、またオクルージョンが起り易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。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地上からは見えない箇所も上空から網羅的に撮影した (図 3 (左))。

スキャナ併設カメラによる画像 1 枚とドローン併設のカメラから撮影した画像 133 枚を併せて Visual SFM¹⁾ 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 Patch-based Multi-View Stereo (PMVS)²⁾ を適用してメッシュ化を行う。結果的に 100 万頂点のメッシュを得た。次に、オープンソースの点群編集ソフト CloudCompare を用いてスキャナ併設カメラ画像上に SFM で復元された 3 次元メッシュを投影させる (図 4)。スキャナ併設カメラ画像上で適当な画素を選択すると、SFM による 3 次元メッシュ上で対応する 3 次元位置座標がひとつ決まる。必ずしもメッシュの頂点座標と一致する画素を選択する必要がないことも、有効な対応を求めるうえで有用である。今回は手動で画素を 5 箇所選び、スケール・並進移動・回転移動を含む変換行列を求め、それ



図 4: SFM によるメッシュをスキャナ併設カメラ画像に逆投影している様子

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のデータと統合した。これらの残差に対する標準偏差は 0.126[m]であった。統合結果を図 5 (赤い点群がスキャナによる) に示す。

5 おわりに

本研究では、レーザスキャナとドローンによる空撮を用いた SFM により作成されたモデルの統合手法を提案し、実装実験を行った。結果、レーザスキャナでは計測すること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て統合精度の向上を図り、多くの事例に適用し制度の評価を行うことが課題である。



図 5: スキャナ点群(赤)と SFM によるメッシュの統合結果

謝辞：本研究の一部は、科学研究費補助金 (15H02983) の助成による。

参考文献

- 1) C. Wu, Toward Linear-time Incremental Structure from Motion, 3DV 2013, pp. 127-134, 2013.
- 2) Jancosek M. et al., Multi-View Reconstruction Preserving Weakly-Supported Surfaces, CVPR 2011, pp. 3121-3128, 2011.