

# 点群分布を考慮した対応点選定による レーザスキャナと SFM の統合的 3 次元記録手法

藤里 和樹<sup>†</sup> 檀 寛成<sup>‡</sup> 安室 喜弘<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>関西大学大学院 理工学研究科      <sup>‡</sup>関西大学 環境都市工学部

## 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 SFM (Structure from Motion) が利用されている。レーザスキャナは、レーザで物体表面を走査し広範囲の形状情報を 3 次元点群として取得できるが、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必要がある、足場の確保や時間と労力を要する。一方、ドローンなどを用いた空撮では、足場が悪い場所においても網羅的な写真撮影が可能であり、この写真群から SFM 処理により 3 次元情報を取得できる。SFM は、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技術であるが、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、点群間での点の対応関係と相対的な位置姿勢を更新する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。点群の各点あるいはメッシュの頂点どうしの対応関係は曖昧であるため、ユーザが初期位置を決め、制約なし非線形最適化問題として位置合わせを行う。したがって、



図 1: SFM による画像群からの 3 次元復元

SFM やレーザスキャナのように、取得方法に違いがある点群データでは、尤もらしい対応箇所のペアを恣意的にうまく与えないと形状がフィットしない場合が多い。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 3 次元座標点に色情報を付与するために用いられる。そのため、このカメラで撮影した画像の各画素にはレーザスキャナで得た 3 次元座標が事前の校正により座標系 0' で対応付けられている。ドローンで撮影した画像群に対して SFM 処理を実施する際に、スキャナ併設カメラの画像を含めることで、SFM の結果において自ずとスキャナ併設カメラの画像が統合され、レーザスキャナでの計測位置が座標系 0' で復元される。

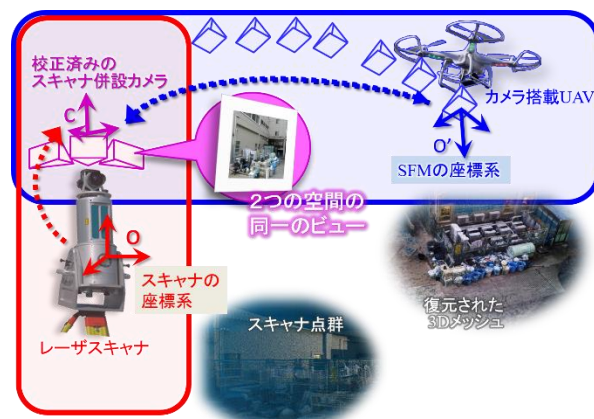


図 2: 提案手法のプロセスチェーン

従って、SFM で復元された 3 次元メッシュをスキャナ視点でスキャナ画像上に投影すれば、スキャナ画像上でレーザスキャナの点群との対応づけが可能となる。SFM による 3 次元再構成結果で生成される点群は不均一であるが、これ

Data Integration of Laser Scanner and SFM by Corresponding Points Considering Point Cloud Distribution

Kazuki Fujisato<sup>†</sup>, Hiroshige Dan<sup>†</sup> and Yoshihiro Yasumuro<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Graduate School of Science and Engineering, Kansai University

<sup>‡</sup>Faculty of Environmental and Urban Engineering, Kansai University  
3-3-35 Yamate, Suita, OSAKA, 564-8680, JAPAN

を MVS (Multi-view Stereo) 法などで密なメッシュ化を生成する。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 次元点群との間に対応付けを行い、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、オクルージョンが起り易い複雑な形状を有するシーンを災害現場に見立てて、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計測しにく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とドローンにより空撮した画像 133 枚を併せて Visual SFM<sup>1)</sup>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した。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)<sup>2)</sup>を適用してメッシュ化し 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 (左))。スキャナ併設カメラ画像上で画素を選択すると、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。今回はメルセンヌ・ツイスタを用いて乱数を発生させ、対応点の候補を 50 箇所選び、特異値分解によりスケール・並進移動・回転移動を含む変換行列を求める。このとき、ノイズや外れ値が含まれていることを考慮して対応点間の RMS が最も小さくなる 26 点に対応点として採用した(図 4 (右))。算出し

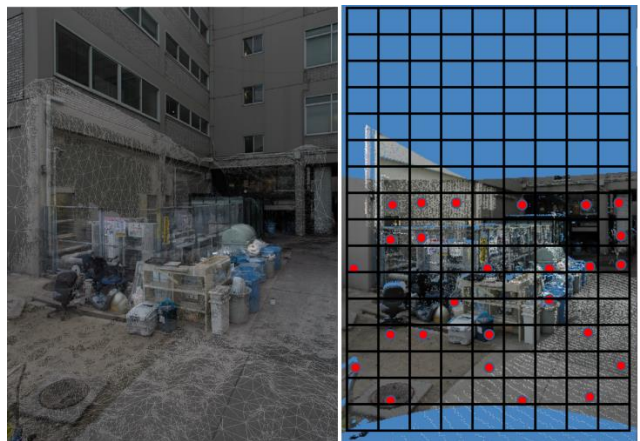


図 4: SFM の逆投影(左)と対応点の選択(右)

た変換行列により SFM のメッシュモデルをレーザスキャナの点群と統合した。これらの残差に対する標準偏差は 0.18[m]であった。統合結果を図 5 (白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 SFM を併用して得られたデータを自動的に統合する手法を提案し、実験により効果を示した。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、外れ値を効率的に除外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精度の評価を行うことが課題である。

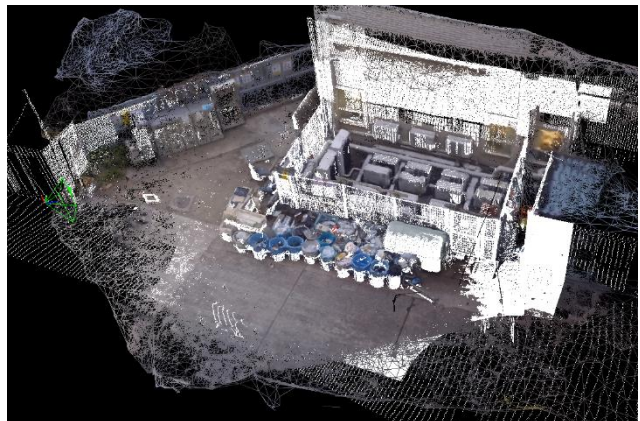


図 5: スキャナ点群(白)と SFM 出力の統合結果

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.