

### 3次元再構成を目的とした UAV 空撮における品質評価のための指標策定

藤井 隆行<sup>†</sup> 檀 寛成<sup>‡</sup> 窪田 諭<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

我が国の社会資本ストックは高度経済成長期に集中的に整備され、今後急速に老朽化することが懸念されている。今後 20 年間で、建設後 50 年以上経過する施設の割合は加速的に高くなる見込みであり、一斉に老朽化するインフラを戦略的に維持管理・更新することが求められている<sup>1)</sup>。国土交通省は、建設工事における 3 次元データの活用等により、生産性の向上を目指した i-Construction を推進している。この取り組みの中で、特に UAV (Unmanned Aerial Vehicle) と SfM (Structure from Motion) を用いた 3 次元データを取得する技術は、建設業界の ICT 化、効率化を推進する上で重要になると考えられている。

本研究では、用意された UAV の空撮飛行計画を実施する際に、SfM 処理に適した撮影が実現できていることを確認する方法を検討する。

#### 2. 関連研究・技術

建設現場では地形を測量するような平面的撮影を行う場合が多く、ラップ率を確保した空撮を計画しやすい。しかし、構造物の維持管理を目的とした 3 次元データ作成では対象構造物の立体形状を撮影しなければならず、任意立体形状に対する空撮飛行計画の立案が求められる。立体構造物に対する飛行計画立案手法として、檀らは対象構造物の各壁面を撮影するときの回数と角距離に下限を設けつつ、総撮影回数が最小となるような撮影ポイントを定め、撮影ポイントを巡回する際の最短経路探索を行う飛行計画方法を提案した<sup>2)</sup>。一方、このような事前計画に基づいて空撮を実施する際に、3 次元データ化に適した撮影となっていることを現場で即時的に確認する方法は報告されていない。

#### 3. 提案手法

本研究では、立体構造物の 3 次元データ化のための UAV 空撮時に、その撮影状況から、事後の SfM 処理の成否を推定可能な指標を策定する。SfM による 3 次元再構成は、画像枚数が増えるほど、バンドル調整の処理において規模の大きな最適化処理が伴うため、多大な計算時間を要する上に、処理が終わるまで 3 次元再構成の成否がわからないため、結果的に再撮影が必要だとされ、大きな手戻りとなってしまふ。

そこで、本研究では、UAV 空撮の SfM への適合性を調べるために、空撮時の画像情報に基づいて推定されるカメラの挙動と、実際に SfM を実施して得られる 3 次元データの品質との因果関係を精査する。図-1 に示すように、UAV 空撮時のライブ映像を用いて Visual SLAM (Simultaneous Location and Mapping) を実行することで、逐次的に、撮影視点と視線方向を推定し、カメラの飛行挙動を記録する。Visual SLAM で推定されたカメラの挙動の特徴によって分類された空撮画像の集合ごとに SfM を実施し、SfM の成否を決める指標となるカメラの挙動特徴を特定する。

#### 4. 指標策定のための実験

SfM による 3 次元再構成の品質と Visual SLAM で得られる空撮状況とを比較するために、実験の際は図-2 に示すように、橋脚に見立てた小さな円筒の模型を撮影対象とし、手動で Web カメ

Index Formulation for Quality Assessment in UAV Aerial Photography for 3D Reconstruction  
Takayuki Fujii<sup>†</sup>, Hiroshige Dan<sup>‡</sup>,  
Satoshi Kubota<sup>‡</sup>, 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

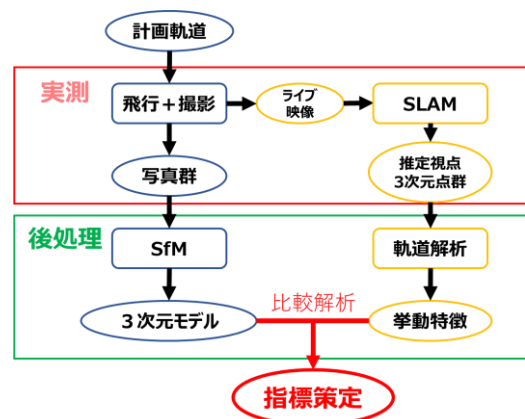


図-1 提案手法の構成

ラを操作することとした。撮影は、一定速度でカメラを移動させる場合と速度に変化をつけて移動させる場合の2通りの方法で行った。さらに撮影と同時に LSD-SLAM<sup>3)</sup> を実行し、カメラ軌道推定を実施した。撮影後には SfM による 3次元再構成を行い、SLAM から得たカメラ軌道との関連性を確認する。

図-3 は推定されたカメラ軌道を示しており、一定の速度で移動した場合のカメラ軌道 (図-3(左)) と比較して、速度に変化をつけて移動した場合の推定結果 (図-3(右)) は実際のカメラ軌道から大きく乖離している。撮影された映像を用いて SfM による 3次元再構成を行った結果として得られたモデルを図-4 に示す。一定の速度で撮影を行ったモデル (図-4(左)) では被写体の 3次元形状が再構成されているが、速度に変化をつけて撮影を行った結果で得られたモデル (図-4(右)) では一部しか再構成されていない。今回の実験から、SLAM が画像の変位を基に推定したカメラ軌道と SfM の成否には強い相関があるといえる。

### 5. 指標の策定と検証実験

図-5 は 3次元再構成が成功した時のカメラ軌道から求めた速さの分布である。この分布から 3次元再構成が成功した時の速さの値が 99% の割合で 0.00~0.02 の範囲に含まれることが分かった。つまり、カメラ軌道から求めた速さの値が 0.02 以下であれば、撮影した映像から SfM によって再構成される被写体の 3次元形状が安定すると言えるため、3次元再構成が成功した時の分布の範



図-2 実験の様子



図-3 推定されたカメラ軌道  
(左：一定速度移動時，右：可変速度移動時)

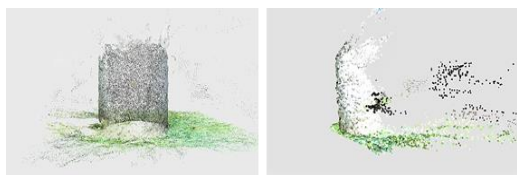


図-4 SfM による 3次元再構成結果比較  
(左：速さ一定の場合，右：速さを変動させた場合)

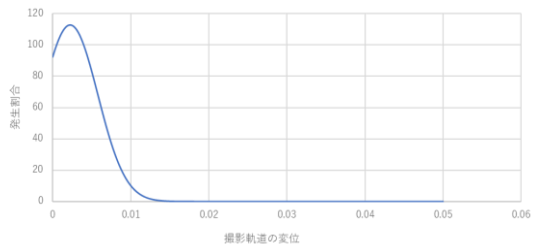


図-5 カメラ軌道から求めた速さの分布  
(速さ一定の場合)

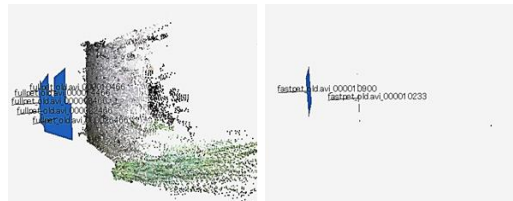


図-6 撮影映像の同じ区間を使った 3次元再構成結果  
(左：速さ一定の場合，右：速さを変動させた場合)

囲ならば SLAM が正常に動作すると判断した。

実際に 0.02 以上の速さが発生した区間を SfM によって 3次元再構成した結果が図-6(右)であり、特徴点の対応付けに失敗し、3次元形状が復元されなかった。以上から今回作成した分布より得た値は SfM による 3次元再構成に適した UAV 空撮の成否の判断を行う指標となり得ると考えられる。

### 6. おわりに

本研究では立体建造物の 3次元データ化を目的とした UAV 空撮時の撮影状況から、SfM による 3次元再構成の成否を判断する指標の策定手法を提案した。

今後は撮影された画像の流れを指標とする方法の検討及び操縦者に警告を発生し、再撮影を促すようなシステムの仕組みを検討する。

謝辞：本研究の一部は関西大学先端科学技術推進機構「超臨場感」研究グループの助成による。

### 参考文献

- 1) 国土交通省：インフラメンテナンス情報、<<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/02research/0201.html>>, (入手 2019.6.2).
- 2) 檀寛成, 稲津直毅, 尾崎平, 窪田諭, 安室喜弘：構造物維持管理における空撮用 UAV の最適飛行計画, 土木情報学シンポジウム講演集 Vol.43, pp. 233-236, 2018.
- 3) Engel, J. and Schöps, T. and Cremers, D. : LSD-SLAM : Large-Scale Direct Monocular SLAM, *European Conference on Computer Vision*, pp. 834-849, 2014.