6R-04

構造物の 3D モデルを用いた 3 次元再構成のための最適撮影計画手法に関する基礎検討

藤井 美穂[†1]　山﨑 賢人[†2]　岡原 浩平[†2]　都丸 義広[†2]　前原 秀明[†1]
福岡工業大学 大学院工学研究科[†1]　三菱電機株式会社 情報技術総合研究所[†2]

1. はじめに

建設現場における ICT 化により SfM(Structure from Motion)/MVS(Multi View Stereo)が起工測量など様々な場面で活用されている．しかし SfM/MVS により再構成される対象物の品質は入力画像に依存するため，ユーザの所望したとおりに再構成されない可能性がある．品質を確保するために，空中写真測量では土地の形状を計測するときに，前後左右の重複を考慮しながら，格子状に空撮する手法を採るが，立体的かつ複雑な構造物に対しては有効な手法とは言い難い．このような背景から撮影位置および撮影経路を事前に計画する最適撮影計画手法が提案されている．さらに近年では，人が立ち入れない場所へ手軽に飛行可能な UAV の活用ニーズが高まっていることから，我々は UAV の使用を前提に建設現場に適した最適撮影計画手法を模索することにした．本研究では，適用シーンが近い手法[1]（既存手法）を基に検討すべく，一部拡張した手法（拡張手法）を用いて検討を開始した．本稿では，拡張手法を基に屋内で簡易的に評価したことと，評価に対する考察について述べる．

2. 最適撮影計画手法の拡張

既存手法の処理フローは次のとおりである．ただし，既存手法では，撮影位置だけではなく撮影経路も含んでいるが，本稿では撮影経路の検討は未実施であるため，本稿での検討は撮影位置までに留める．

1. 撮影位置姿勢の候補にカメラを配置
- 撮影対象（構造物）を含む対象領域の平面図を基に，撮影対象周辺にカメラを格子状の格子交点に配置
- 姿勢は各撮影位置に対して，yaw を 45°ずつ回転させた 8 方向を準備

2. 各カメラから任意の領域の撮影可不可を判定
- 撮影対象の壁面を小領域に分割し，各カメラから任意の小領域が閾値以上の角距離だった場合，撮影可と判定

3. カメラ数が最小となる撮影位置姿勢を抽出
- 各小領域を撮影必要数の下限を決め，カメラの総数が最小となるように最適化し，撮影位置姿勢を抽出

撮影計画を立てるために，撮影対象の近似の物体モデルを必要とすることが多い．文献[1]でも言及しているとおり，既存手法は 2 次元空間における飛行計画の立案であり，3 次元空間での飛行計画を立案するための前段階としての位置づけであることから，既存手法では平面図を基に撮影位置姿勢を算出している．

本稿では，より複雑な構造物に適応するため，ここからは列挙した処理フローのうち，処理 1,2 に対して 3 次元空間への拡張方法を述べる．処理 1 において撮影位置姿勢は，高さを考慮するため，立方体を格子状に分割し，格子交点にカメラを配置した．次に処理 2 において平面図ではなく 3D モデルを用い，小領域は 3D モデルのポリゴンで代替した．撮影判定するためには，任意のポリゴンが各カメラの画角内かを判定するだけではなく，陰面を考慮する必要がある．そこで，BSP 木(binary space partitioning tree)を生成し，各カメラの位置姿勢からの距離を基準にポリゴンをソートした．ソートしたポリゴンは昇順に，カメラ画像に投影し，他ポリゴンと重複せず，一定の領域を占めたポリゴンは撮影可と判定した．

3. 評価

本評価は，建設現場で試行する前段階と位置づけ，屋内の簡単な撮影対象物に対して拡張手法を試行することで，拡張手法の課題を洗い出すことを目的としている．

図 1 に示すとおり，屋内の机上にコンテナと箱，ビル模型 2 つを配置した．また，撮影位置姿勢の候補は図 2 に示す格子状の交点とし，高さ方向は机上を基準に 1.0m までの上昇を許容した．全間隔は 0.5m であるため，8×10×3×8=1920 が候補となる．机上には非対称な位置に対空標識を，図 2 の格子には白いテープを貼付した．使用した UAV は DJI 製 Mavic 3 であり，撮影画像の解像度は 5280 px×3956 px である．机上の物体を本評価における撮影対象とし，実測した値から Blender を用いて 3D モデルを作成した．作成した 3D モデルは拡張手法において，各ポリゴンが最低 4 つのカメラで撮影されているように最適化した．最適化した撮影位置姿勢は図 2 に示すとおりである（カメラ近くの数値は机上からの高さ）．

本評価では拡張手法を用いて 19 枚撮影したもの（試行 1）と，比較対象として撮影対象の周囲を 2 回旋回しながら 56 枚撮影したもの（試行 2）を用意した．各試行で撮影した画像は PIX4Dmapper を用いて SfM/MVS 処理した．

A Study of View Planning Using Structures 3D Models for 3D Reconstruction
†1 Graduate School of Engineering, Fukuoka Institute of Technology
†2 Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

Copyright ©2023 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

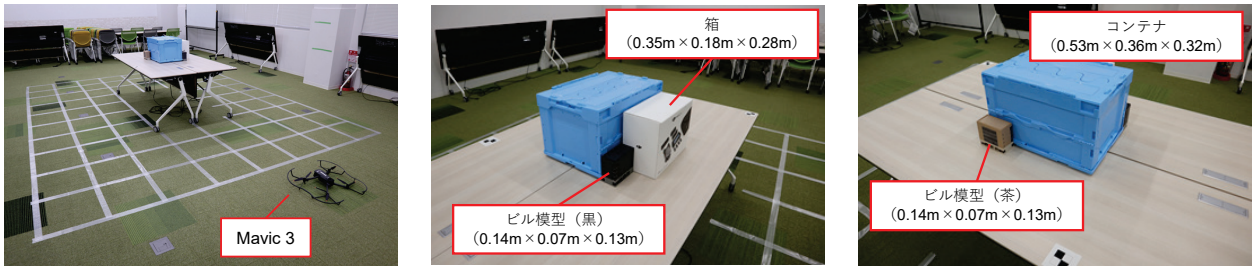


図 1 評価環境と撮影対象

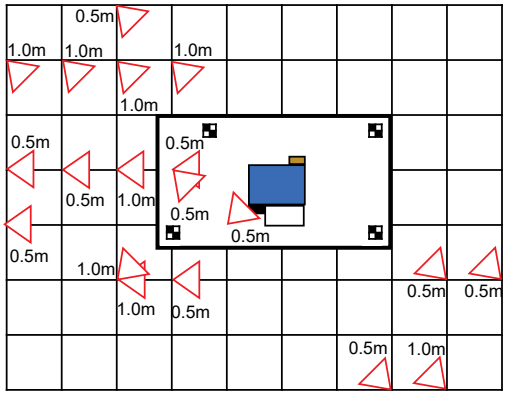
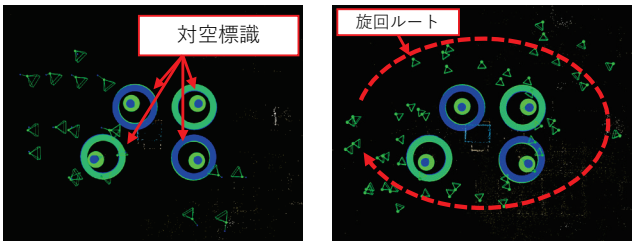


図 2 拡張手法を用いて計画した撮影位置姿勢



(a) 試行 1　　(b) 試行 2

図 3 推定した撮影位置姿勢

(a) 試行 1　　(b) 試行 2

図 4 再構成結果

PIX4Dmapper の設定は試行 1,2 ともに同じである．

試行 1 では計画した撮影位置を初期値とし，全画像に対してカメラの外部パラメータを校正できた．一方，試行 2 では初期値を与えず計算したところ， 56 枚中 49 枚のみ校正できた（図 3）．図 4 に示すのは，各試行の再構成した結果である．試行 2 は 49 枚使用しているにも関わらず，撮影対象の輪郭しか再構成されていない．一方で，拡張手法を用いた試行 1 は試行 2 と比較すると面も含めて再構成されていることがわかる．これらのことから拡張手法の有用性を確認できた．

試行 1 において，コンテナや箱など，特徴点が出にくいテクスチャは点群の生成に失敗している．拡張手法では，ポリゴンに対して最小視点数を 4 としているが，これらは特徴点の検出や対応付けを考慮した数ではない．また，本評価において，PIX4Dmapper で生成する点は 2 視点以上で対応付けしたものと設定したため，計測に誤差がある点も散在する．

ビル模型（黒）の前面は試行 2 の方が再構成されている箇所がある．拡張手法に投影時の領域において閾値はあるものの，ポリゴンの撮影可不可が判断基準であるため，この閾値を超えた視点であれば，全て同条件となってしまう．既存手法では，平面図から壁面を均一の小領域に分割しているが，本評価で使用した 3D モデルはポリゴンの領域分割は BSP 木生成時のみであり，最適撮影計画のために分割はしていない．これらのことから，撮影対象およびカメラの仕様に適した視点数やポリゴンのサイズ，およびポリゴン投影時の領域の閾値を検討する必要がある．

また，図 2 と図 3(a)を比較すると，計画どおりに撮影するのは難しいことがわかる．文献[1]では，カメラの水平画角が 120° 前後であることを前提に，全周を十分に見渡せる分割数として 8 を設定しており，姿勢における少々のズレは影響しないと考えられる．一方，本評価で用いた Mavic 3 の水平画角は約 70° であり，想定よりも狭い．画角に反比例してズレの影響は大きくなる．そこで位置も含めて計画とのズレの影響を検討する必要もある．

4. おわりに

本稿では，建設現場に適した最適撮影計画手法を模索するため，最適撮影計画手法の一手法を基に屋内で評価したことについて述べた．評価した結果，立体構造物を想定したものへの拡張に対する課題を抽出できた．

今後は日照条件などの屋外環境に対応し，さらに建設現場固有の環境に対応できるように試行錯誤していく予定である．

参考文献

[1] 檀，稲津，尾﨑，窪田，安室：構造物の維持管理における空撮用 UAV の最適飛行計画，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol. 74, No. 2, pp. I_159-I_166, 2018.

Copyright ©2023 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.