

電柱点検における 3D モデル生成のための最適撮影計画の提案

山岸 功治† 徳永 雄一†

金沢工業大学 工学研究科 ビジネスアーキテクト専攻†

1. はじめに

近年、インフラ設備の無人化・省人化を目的に、ドローン空撮による SfM(Structure from Motion)を利用した 3D モデルの活用が進められている¹⁾。電柱点検に適用する場合、設備数の多さから 1 回の飛行でより多くの電柱を撮影し、3D モデル化する必要がある。

そこで本研究では、ドローンの飛行速度を落とさず電柱をめぐる、より多くの電柱を撮影し、高精度な 3D モデルを生成するための飛行経路と撮影ポイントの生成を行う。モデル精度を観点にした最小撮影ポイントと、電柱をめぐる最短飛行経路を基に精度と効率を両立する飛行経路と撮影ポイントを探索する。本稿では、これを最適撮影計画と称し、今回は飛行経路探索アルゴリズムについて提案する。

2. 関連研究

電柱は平成 28 年時点で 3,578 万本あり、毎年約 7 万本増加しており、全設備の現場点検による保全是困難になりつつある。これに対し榎本らは点検効率化に向けた 3D モデルの活用を検討し、短時間で効率的な点検が可能だとした²⁾。また、橋梁等では、モデルの高精度化により損傷規模の定量化が可能となり³⁾、点検業務に実用化されつつある。一方、モデル生成効率化に向け、山崎らは建設現場を対象に三次元再構成を目的とした UAV 最適撮影計画手法の提案を行った⁴⁾。これは複数の撮影位置姿勢候補からモデル生成に適した候補を選択し、候補数が最小となる撮影位置姿勢を決定し、撮影コストの削減を目指す。しかし、本手法では最適撮影位置姿勢候補間の距離が大きく離れた場合、移動時間がかさむことで総撮影時間が長くなることが想定される。森谷らはインフラ建造物を対象に高品質 3次元 as-is モデル生成に向けた最適撮影計画の提案を行った⁵⁾。これは対象設備の画像集合に対し、MVS (Multi-View-Stereo)技術による 3D モデル化を行った際に品質予測から低品質となる領域を算出し、追加撮影位置姿勢を決定する。

しかし、本手法は空撮コースの検討はされておらず、効率性に関する言及はされていない。

以上の関連研究から本研究では、山崎らの最適撮影位置姿勢候補に加えて、これに代わる対象への補完撮影が可能な森谷らの追加撮影位置候補を基にモビリティの waypoint 候補として算出し、自由度の高い撮影経路の実現を目指す。

3. 提案手法

3.1 提案概要

本研究では、高精細モデル生成が可能な最適撮影位置姿勢候補に対する補完撮影可能な waypoint 候補の算出が求められる。また、本研究における waypoint 候補はドローンのコーナリング箇所であることも表している。したがって、コーナリングに関する制約条件を指定することで、ドローンの動作を阻害することなく撮影が可能となる。これを複数の撮影地点を経由し、総撮影時間が最短となる経路を探索する。

3.2 waypoint を含めた経路探索

ドローンによる撮影時間削減には、減速を行わないことが重要である。ドローンの利点として、機体の向きを変えずに進行方向のみ変化可能だが、折り返し等の急な動作は減速を強いられる。したがって、waypoint の制約条件として進行方向に対するコーナリング角度 θ の下限が必要である。本項では下限値を 120 度とした。以上の制約条件から、最適撮影位置姿勢候補を中心に経路設定を行う場合、次の最適撮影位置姿勢候補に向かうには複数回のコーナリングが必要になる場合がある。これを必要に応じたコーナリング回数を waypoint の経由数によって管理する。これらの条件を適応させる場合、最適撮影位置姿勢候補が移る度にスタート・ゴール地点を変更する必要がある。本研究ではスタート地点を現在の最適撮影位置姿勢候補範囲の最初の waypoint とし、ゴール地点を次の最適撮影位置とする。しかし、経路計画とする経路は現在の最適撮影位置姿勢候補の最後の waypoint とすることで、次の最適撮影位置姿勢候補への依存を残しながら次々に経路を作成できる。

Proposal for Planning the optimal photographing for Generating 3D Models for telegraph pole inspection.

†Koji Yamagishi · Kanazawa Institute of Technology

†Yuichi Tokunaga · Kanazawa Institute of Technology

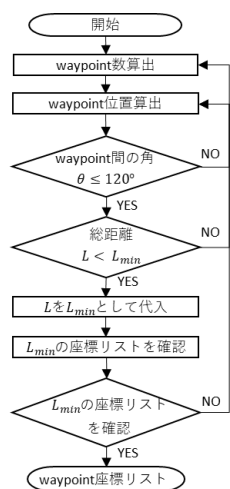


図1 経路探索アルゴリズム

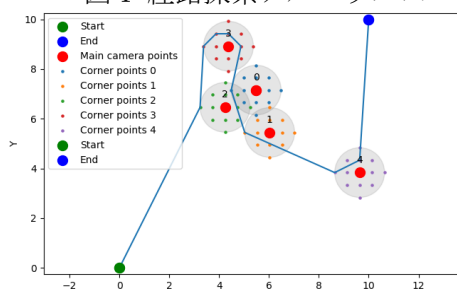


図2 経路探索試行結果

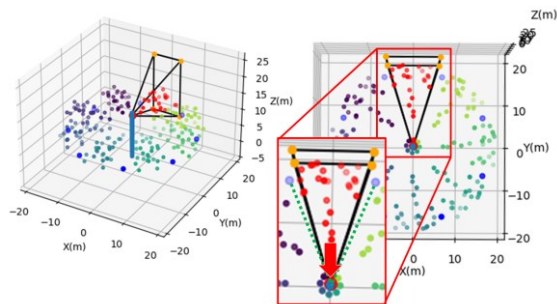
以上の飛行経路探索アルゴリズムが図1である。また、この制約条件を任意の最適撮影位置姿勢候補と半径 r の円内に 0.2m 毎のメッシュ状に waypoint を配置し、試行した結果が図2である。

3.3 waypoint 候補の算出

本節では前節で使用した waypoint 候補の算出を行う。図3は waypoint 候補を電柱の周辺に配置したものである。本研究では森谷らの手法を用いる。これは特定の空間内にランダムにポイント候補を配置する手法であり、この特定の空間は二つの領域の積領域を使用する手法である。

一つ目の領域として図3の場合、青点で示される最適撮影位置姿勢候補と中央の電柱を想定した物体を囲む立体を作成する。森谷らの手法から、先ほどの立体の xy 軸に 1.2 倍、 z 軸では 0.8 倍拡大・縮小した立体を一つ目の領域とした。また、本節の最適撮影位置姿勢候補はカメラ画面角を 46 度とした場合、本研究の対象サイズである地上高 13.5m 、口径 340mm の電柱全体を撮影可能な座標とした。

二つ目の領域として、低品質領域を利用する。本研究で使用した電柱の低品質領域は図3の場合、青点で示される最適撮影位置姿勢候補ではモデル生成に不十分な箇所となる。



(a) 全体像 (b) 拡大図
図3 waypoint 候補の算出結果

図4はこれに該当する低品質領域である。以上の設定により算出された低品質領域は電柱の形状から湾曲しているため、低品質領域の4頂点を直線で結んだ長方形を領域とする四角錐台の上底とした。下底は一つの領域の一边を含むことが可能な座標に位置し、森谷らの取り組みを参考にし、仮定を上底の面積の 34.6 倍とした。これらの上底、下底を結んだ四角錐台を二つ目の領域とした。以上の2つの領域の積領域を利用する。

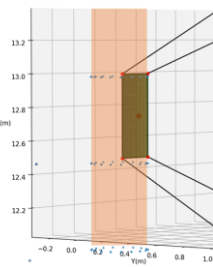


図4 低品質領域

4. 今後の予定

飛行経路の探索アルゴリズムについて提案した。この経路上での最適撮影ポイントを求める手法を追加し、最適撮影計画を完成させる。

モデル精度・撮影時間による評価を最小撮影ポイントのみを経由する従来手法と比較する評価により優位性を示す。さらに、評価パターンとしてドローンを複数機用いるものとドローンと車両を使用するパターンを評価することで様々な形態におけるモデル生成方法を探る。

参考文献

- 1) 国土交通省:「ドローンを用いたインフラ管理システム」, 2023
- 2) 榎本圭高, 岩堂哲也, 後藤隆「モービルマッピングシステムを用いた架空線路構造物点検支援システムの設計と評価」, 2017
- 3) 渡辺豊「橋梁におけるドローンと3Dデータ活用の最前線」, 2020
- 4) 山崎賢人, 岡原浩平, 峯澤彰「地理空間情報を用いた三次元再構成のための最適撮影計画手法の提案」, 2023
- 5) 森谷亮太, 金井理, 伊達宏昭, 新名恭仁, 本間亮平「SfM-MVSによる効率的で高品質な as-is モデル生成のための最適撮影計画支援システムの開発(第6報)」, 2020