

インフラ点検 UAV に用いる 屋内外シームレス測位とカメラ位置調整機能の性能評価

Performance Evaluation of Indoor-outdoor Seamless Positioning and Camera Position Adjustment Functions on UAVs for Infrastructure Inspection

齋藤 一葉 中川 雅史 川崎 悠輔 武林 正昭 蔵重 裕俊 西村 正三 三輪 昌史
Kazuha Saito¹, Masafumi Nakagawa¹, Yusuke Kawasaki², Masaaki Takebayashi²
Hirotohi Kurashige², Shozo Nishimura², Masafumi Miwa³

芝浦工業大学 計測リサーチコンサルタント 徳島大学
¹ Shibaura Institute of Technology ² Keisoku Research Consultant CO. ³ Tokushima University

1. はじめに

UAV は、様々な視点や角度から安全かつ低コストで点検できるため橋梁やダムなどインフラ点検に導入されている。しかしながら、UAV の自律飛行は GNSS 測位を利用するため、非 GNSS 環境では屋内外のシームレスな飛行は実現できない。また、点検画像の利活用には、各撮影位置・角度に誤差があると画像シーケンスを合成する際に位置ずれが発生する。そのため、屋内外シームレス測位機能とカメラ位置調整機能が求められる。本研究では、RTK-GNSS 測位と Visual Odometry (VO) を統合した屋内外シームレス測位を開発する。また、VO に起因する累積誤差の補正手法と、撮影画像から画角補正する調整手法を提案する。UAV 飛行実験とデジタルカメラを用いたシミュレーション実験により、提案手法を評価する。

2. 手法

本研究における屋内外シームレス測位は、RTK-Fix, RTK-Float, GNSS 信号なしなどの RTK-GNSS 測位状態を用いて測位モードを切り替えることで、位置姿勢・推定を行う (図 1)。

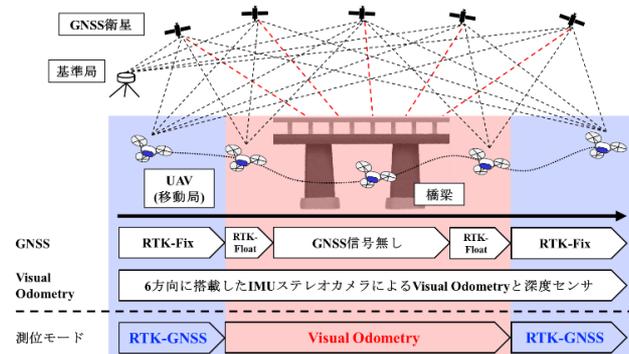


図 1. 測位モード切替え

また、カメラ位置の調整機能では、1 枚目の撮影画像と 2 枚目の撮影画像のイメージマッチングによりカメラ位置を調整することで、撮影対象物に対して同じ画角を再現する。

3. 実験

実験環境として、屋内外環境における提案手法を用いた飛行制御を評価するため、橋梁下でトライコプター型 UAV を使用した UAV 飛行実験を行った。UAV には、RTK-GNSS 受信機 (mosaic-X5, Septentrio) と、IMU ステレオカメラ (RealSense T265, Intel) を 6 台 (前後・上下・左右) 搭載した。

また、画角調整機能を検証するため、移動計測時に解像度約 2110 万画素のデジタルカメラ (DSC-HX60V, SONY) を用いて、カメラ位置のシミュレーション実験を行った。カメラを搭載した UAV と対象構造物の撮影距離を 2 [m] とし撮影を行うと仮定する。

UAV 飛行実験における RTK-GNSS 測位結果より、Float 解以下を取得した区間軌道データが実際の飛行ルートと大きく異なることを確認した (図 2 左)。一方で、提案手法処理結果では、Float 解以下の測位時には、RTK-GNSS 測位と VO を統合して測位モードをシームレスに切り替えることで軌道データを安定的に出力できることを確認した (図 2 右)。また、飛行方向に追従するカメラを用いた位置・姿勢推定が、実際の軌道に最も近い軌道を表すことを確認した。UAV 飛行実験で出力した測位結果を図 2 に示す。

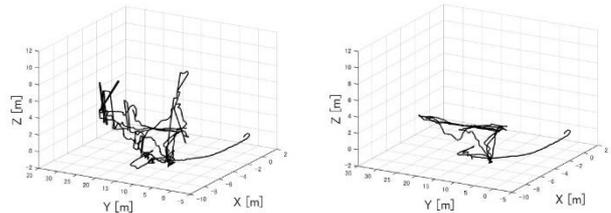


図 2. UAV 軌跡データ

(左図: RTK-GNSS 測位結果, 右図: 提案手法処理結果)

図 3 は、2 枚のカメラ画像の対応点より対応画像を基準画像に重ね合わせた結果である。特徴点マッチングによる対応点にははずれ値があることを確認し、はずれ値を除去して有効な対応点だけを抽出した。提案手法を適用する前後のカメラ画像を比較し、対応する特徴点を重ね合わせることでカメラ位置を調整できることを確認した。

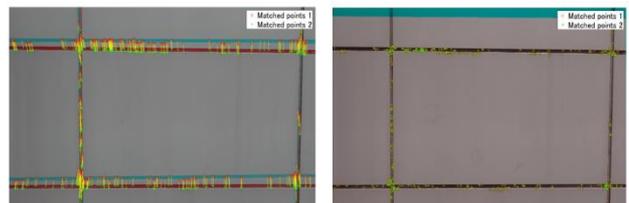


図 3. 処理結果 (左図: 対応点検出, 右図: 重ね合わせ)

4. まとめ

本研究では、VO に起因する累積誤差の補正手法と、撮影画像にもとづいてカメラ位置の調整手法を提案した。提案手法を用いて移動計測とデジタルカメラを用いた模擬実験により検証した。今後は、提案手法を搭載した UAV による高解像度画像を、BIM/CIM データとして活用するためのシステム開発が挙げられる。