

インフラ点検 UAV に搭載する 屋内外シームレス測位・測域機能の性能検証

Performance Verification of Indoor/Outdoor Seamless Positioning and Ranging Systems on UAVs for Infrastructure Inspection

齋藤 一葉 中川 雅史 川崎 悠輔
Kazuha Saito¹, Masafumi Nakagawa², Yusuke Kawasaki³

芝浦工業大学 計測リサーチコンサルタント
^{1,2} Shibaura Institute of Technology ³ Keisoku Research Consultant CO.

1. はじめに

UAVは、橋梁下の空間などRTK-GNSS測位が突然中断されると、安定した飛行制御ができない。そのため、衛星測位環境に依存しない屋内外シームレス測位機能がUAVには求められる。また、点検対象物との衝突を回避するための測域機能の搭載も求められる。UAVに搭載する測位・測域機能の条件には、小型・軽量・低消費電力・低価格・耐候性が挙げられ、これらの条件を満たす手法として Visual Odometry に着目する。本研究では、屋内外空間で UAV を飛行させるために RTK-GNSS 測位と Visual Odometry を統合する手法とともに、Visual Odometry で生じる累積誤差を補正する手法を提案する。また、Visual Odometry で利用する IMU ステレオカメラでの測域を並行処理化できるかを検証した。

2. 手法

本研究における提案手法を図 1 に示す。提案する屋内外シームレス測位は、RTK-GNSS 測位による屋外測位と Visual Odometry による屋内測位を組み合わせる位置・姿勢推定を行う。

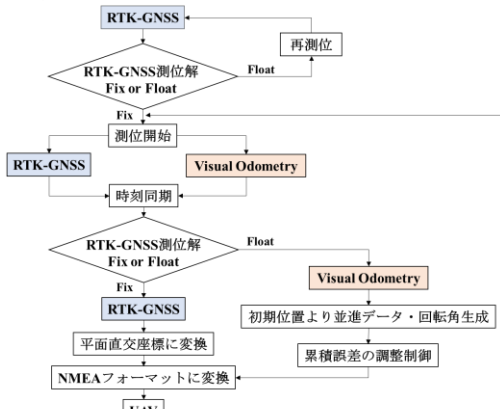


図 1. 提案手法

また、RTK-GNSS 測位開始後、RTK-Fix, RTK-Float, 無信号などの RTK-GNSS 測位解を確認しながら測位モードを決定・制御し、IMU ステレオカメラと RTK-GNSS 受信機から位置・回転・方位データを取得する。取得した結果を累積誤差の調整制御で補正し、位置・速度・方位データから NMEA データを再生成する。

3. 実験

芝浦工業大学・豊洲校舎 7F 屋上庭園および屋内通路を経路とし、歩行計測実験を行った。RTK-GNSS 測位における

基準局と移動局は、ZED-F9P (u-blox) と GNSS アンテナを使用し、移動局には IMU ステレオカメラ (RealSense T265, Intel) (図 2 右) を 3 台 (Front, Left, Top) 搭載した。

また、屋内外環境における提案手法を評価するため、橋梁下でトライコプター型 UAV (図 2 左) 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、6 方向 (前後・上下・左右) の IMU ステレオカメラを搭載した。



IMU stereo camera (RealSense T265, Intel)	
Baseline	64 ± 0.15 (mm)
Fisheye FOV	173 (deg)
Active pixels	848 × 800
Frame rate (Camera)	30 (fps)
Gyroscope Sample Rate	200 (fps)
Gyroscope Range	± 2000 (deg/s)



図 2. 実験機器

(左図：トライコプター型 UAV, 右図：RealSense T265)

2 つの実験で得られた処理結果より、提案手法を用いて屋内外空間で安定的に軌跡データを出力できることを確認した。また、RTK-GNSS 測位解が Float 解以下の場合、IMU ステレオカメラで非 GNSS 環境下での屋内測位を補完できることを確認した。本研究では、IMU ステレオカメラによる多方向画像取得を用いた Visual Odometry の推定精度向上に着目した。その結果、飛行方向に追従するフロントカメラを用いた自己位置推定は、実際の軌跡に最も近い軌跡を出力した。しかし、飛行方向と直交するカメラを用いた場合、自己位置推定が失敗することが多かったため、UAV 飛行における Visual Odometry の推定精度向上には、メインカメラの選択を飛行方向に合わせる必要があると考えられる。各カメラ方向の Visual Odometry 結果を図 3 に示す。

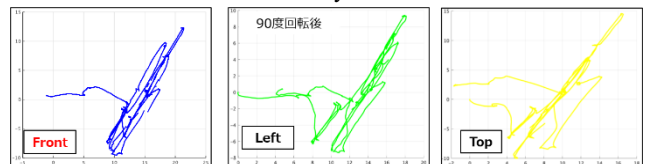


図 3. Visual Odometry 結果 (Front, Left, Top)

4. まとめ

本研究では、RTK-GNSS 測位と Visual Odometry を統合し、累積誤差を補正する手法を提案した。また、IMU ステレオカメラでの測域を並行処理化できるかを検証した。今後の課題としては、提案手法の機能を搭載した UAV で撮影した高解像度画像を BIM/CIM データとして利活用するシステムの開発が挙げられる。