

超音波測位装置を用いた非 GNSS 環境下における 暗所壁面スキャニングシステムの提案

岡田 樹[†] 鈴木 彰真[†] 村田嘉利[†] 佐藤永欣[†]

岩手県立大学 ソフトウェア情報学部[†]

1. はじめに

トンネル、煙道、エネルギープラントの内壁において、経年劣化によるクラックや剥がれに起因した崩壊等の事故防止を目的に定期点検が行われている。しかし、高所作業が多く、網羅的に行わなければならないため、時間と費用が多くかかる。そこで、ドローンを用いた撮影によって壁面の点検を行う研究が進められている。

クラックの位置を把握するためには、ドローンの位置を推定する必要がある。ドローンの測位は、一般的にGNSS信号を用いられる。また非GNSS環境では一般にSLAMが用いられている。しかし、定期点検の飛行ルートは暗所であり、内壁の様子が様である。そのため、自己位置推定においてSLAMを利用することで大きな誤差が発生することが予想される。GNSS環境下での他の測位方法としてBluetooth[1]、マーカー[2]、無線LAN[3]、BLEビーコン[4]を用いたものが存在する。4Kカメラを用いて撮影した画像から0.1mmのクラックを発見するために、壁面から距離30cm以内に近づくことを想定する。そのため、これらの測位方法では実現困難と考えられる。

一方、スペクトル拡散(SS)超音波を用いた3次元測位システム[5]は、超音波測位の中ではドローンのノイズに対して頑健で、10cm以内での精度で3次元測位が可能である。そこで、本提案においては、SLAMによって地図を生成するとともに、SS超音波を用いた測位の利用を提案する。本研究では測位情報取得のための超音波送受信ハードウェアを開発し、ドローン動作時の風や音が測位システムに与える影響を評価した。

2. システムの構成

2.1. 暗所壁面スキャニングシステム

提案するスキャニングシステムを図1に示す。

Proposal of Indoor Wall Scanning System using Ultrasonic Positioning System in Darkness and Non-GNSS environment.

[†]T.Okada, A.Suzuki, Y.Murata and N.Sato

本提案においては、図1に示す赤外線 SLAM と SS 超音波測位のためのマイクをドローンにマウントし、ドローンに搭載されているカメラと証明を用いてスキャニングする。赤外線によるSLAMの現在位置は、SS超音波測位で得られた座標情報を利用する。SLAMを用いることで、予め建物構造の情報を取得することがない。また、建物の構造やその中のドローンの位置は画像によって得られる。

2.2. SS 測位

本研究では、擬似乱数系列であるM系列を用いて超音波のSS符号を生成する。超音波を受信するマイクの位置を取得するためには、超音波を送信するスピーカーの正確な座標情報が必要となる。設置を高精度かつ容易にするために、予めスピーカーの位置関係を固定したスタンドを利用し、環境に設置することを想定する。図1に示すように、スピーカーは1つの送信機基板に接続されている。送信機基板からは、最大8つまでのSS超音波信号を同時に送信可能であり、M系列の周期に合わせてタイミングを電波で受信機側に送信している。受信側では、受け取った送信タイミングから超音波を受信するまでのTOF(Time Of Flight)を計測し、距離を計算する。図1では、SS超音波を送信するスピーカー4つを床の中心付近に設置している。4つのスピーカーからドローンに設置したマイクまでの距離を計測し、得られた距離計測結果をもとに測位を行う。

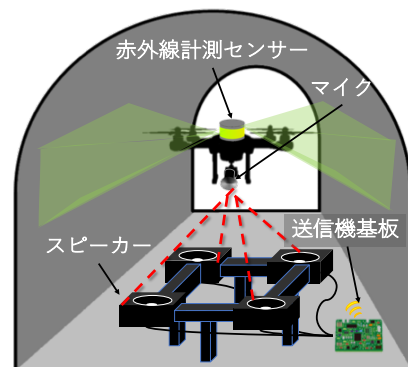


図1 壁面スキャニングシステムの概要

3. ドローンのノイズによる測位結果への影響

3.1. 実験の概要

ドローンの羽のモーター音や風切り音，浮上において発生するダウンウォッシュが SS 超音波での測位に影響するか実験によって評価した．図 2 に今回の実験環境を示す．本実験では，縦 3000mm，横 4000mm の環境を利用する．4 つのスピーカー①～④を設置する．図 2 で示す測位環境の左手前端の床面を原点とし，それぞれの送信機の座標は送信機①を(2000,2000,500)[mm]，送信機②を(2500,1500,500) [mm]，送信機③を(2000,1000,500) [mm]，送信機④を(1500,1500,500) [mm]とした．

一方，マイクの高さは各送信機より 500mm 高い 1000mm とし，平面中央(2000,1500,1000) [mm]，送信機①の直上(2000,2000,1000) [mm]，送信機②の直上(2500,1500,1000) [mm]，送信機③の直上(2000,1000,1000) [mm]，送信機④の直上(1500,1500,1000) [mm]の 5 点において各送受信機間距離 l_1, l_2, l_3, l_4 を求めた．ドローンは，受信機の 300mm 直上の位置でホバリングさせた．ドローン飛行時とドローンを飛行させていないときで精度がどのように変化するか検討した．

3.2. 実験結果

図 3，図 4 はそれぞれ(2000,1500,1000)，(2500,1500,1000)における距離計測結果の誤差を示している．図 3 は， $l_1 \sim l_4$ が等距離になる．図 3 では，ダウンウォッシュによってドローン飛行時の距離計測値が増加したことが確認できた．ドローンの大きさやモーターの回転数から風速を計算することにより，精度向上が期待できる．図 4 においては，経路上の気流によって誤差の出方に差異があることがわかった．

送・受信機の位置関係を考えると，

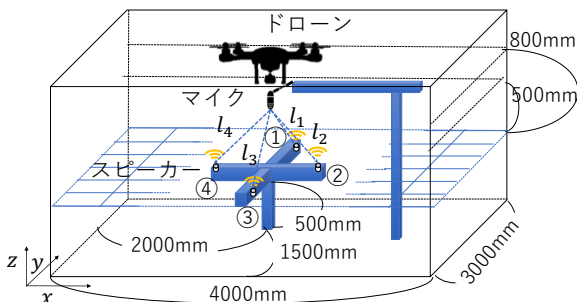


図 2 実験環境

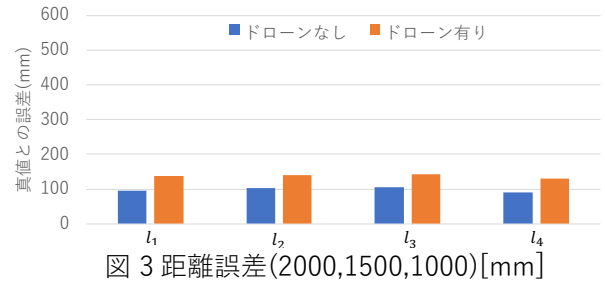


図 3 距離誤差(2000,1500,1000)[mm]

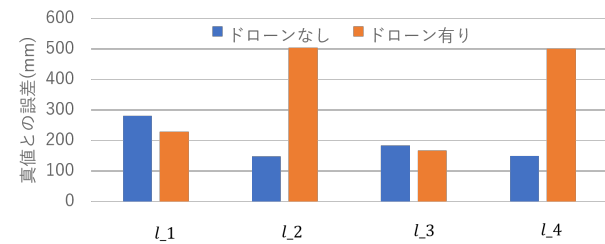


図 4 距離誤差(2500,1500,1000)[mm]

DOP(Dilution Of Precision)の観点から，距離計測の誤差は高さ方向に大きく現れる．今後，より高精度の距離計測ができるように，強度の増幅や指向性の検討を検討していく．

まとめ

非GNSS環境下における暗所壁面スキニングシステムの提案した．また，SS 超音波を用いたドローンの測位においてドローンの出すノイズがどれほど影響を及ぼすのか実験を行なった．今後は，マイクやスピーカーの種類の変更や，強度の増幅，フィルタリングを行ない，より広い範囲の測位結果を検討していく．

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP17852057 の助成を受けたものです．

参考文献

- [1] 酒井瑞樹 森田裕之 平成 28 年春季全国研究発表大会“Bluetooth を用いた屋内測位手法の提案”
- [2] Claudio E. Palazzi DroNet'15, May 19, 2015, Florence, Italy. ACM 978-1-4503-3501-0/15/05. “Drone Indoor Self-Localization”
- [3] 伊沢亮一 毛利公美 森井昌克 2011 年 9 月 情報処理学会論文誌 vol 52 No. 9 2841-2852 “無線 LAN 端末を利用した移動体位置推定法”
- [4] 大門雅尚 堀川三好 岡本東 情報処理学会第 79 回全国大会 “BLE ビーコンを用いたマルチコプターの新たな航法技術の実現”
- [5] 鈴木彰真 伊与田健敏 山根章夫 久保田譲 渡辺一弘 平成 20 年度 計測自動制御学会論文 Vol. 44 No. 6 pp. 465-473 “スペクトル拡散超音波を用いた屋内測位の計測精度”