

平成30年4月20日

公益信託 NEXCO関係会社高速道路防災対策等に関する支援基金
受託者 三菱UFJ信託銀行株式会社 宛

研究概要書

研究課題：道路橋およびトンネルに対する効率的点検作業のための壁面吸着及び
走行機能を有する新しいドローンの開発

研究代表者：愛媛大学大学院理工学研究科 准教授 李 在勲

はじめに

高速道路の橋梁やトンネルなどを含む社会インフラは平均使用年数が30年を超えるものが多く、老朽化が進んでいる。社会インフラの維持管理には膨大な費用がかかるため、社会的な問題となっている。特に、基本となる点検作業は主に作業者が直接点検箇所へ接近してからの目視や打撃検査などの方法で行われているため、安全かつ効率的な点検技術の開発が要求されている。

1. 研究の目的

本研究では、社会インフラの維持管理において安全かつ効率的な点検作業を実現するための、新しいドローンとその制御技術の開発を目的とした。具体的には、天井での吸着と走行機能を有する機体の開発、デプスカメラを用いた位置推定方法、小型距離センサを用いた飛行制御といった三つの項目に対する技術開発を研究目的とした。

2. 天井面での吸着および走行機能を有するドローン

ドローンは、空中を飛行して目的地まで速やかに接近できる移動機能だけでなく、空中でその位置と姿勢を維持できるホバリング機能も持っていることから、社会インフラの点検作業に適しており様々な活用が期待されている。しかし、一般的なドローンは構造物への直接的な接触が困難であることや、風などの外乱に弱いといった問題点がある。

その解決策として本研究では、建物や構造物の天井面に吸着し吸着面上を走行しながら点検作業を行うことが可能なドローンを開発した。特殊な形態のプロペラガードを設計して、飛行中にはプロペラを保護することに利用し、天井に付着した際には吸着版として活用できるようにした。提案した吸着動作はプロペラガード内部の負圧を利用して機体を天井面に密着させるため、風の影響を受けにくく通常のホバリング動作より安定した姿勢の維持が可能である。また、ホバリング動作に必要な消費電力の約60%の電力だけで吸着状態の維持ができるため、エネルギー効率が大幅に改善されてより長時間の飛行が可能となった。

さらに、天井面での走行を可能にするために二つの駆動輪を装着した。両駆動輪の回転速度を制御することで前後方向の移動と旋回が可能である。本研究で開発したドローンの試作機を用いた実験を通して、提案した方法による天井面での吸着および走行が可能であることが確認された(図1)。



図1. 本研究で開発した天井面に吸着しながら走行できる点検用ドローン(天井面での走行実験の様子)

3. デプスカメラを用いた構造物周辺での位置推定技術^[1,2]

飛行中においてドローンの位置情報は、移動の際に基準となる重要な情報であり、一般的にはGPS（全地球測位システム）が多く利用されている。特に、操縦士から遠く離れた場所などの目視での確認が難しい作業においての遠隔操作や自律移動では、実時間で測定する位置情報のみを用いて制御する必要があるため位置情報は非常に重要な情報である。しかし、GPSは橋などの建物周辺では正確な位置が得られないため使用が困難である。これは、建物の壁面による人工衛星からの信号の反射や遮蔽がその原因である。本研究では、ドローンは点検の際、建物周辺で飛行する必要が有ることから、ドローンにデプスカメラを搭載し、そのセンサ情報を基に自己位置を推定する方法を開発した。飛行中に計測する周辺環境に対する色および距離の3次元情報を連続的に合わせることで、周辺の地図を作成しながら自己位置を推定する方法を開発した（図2）。また、製作した実機を用いた自己位置推定とホバリング実験で検証を行った（図3）。

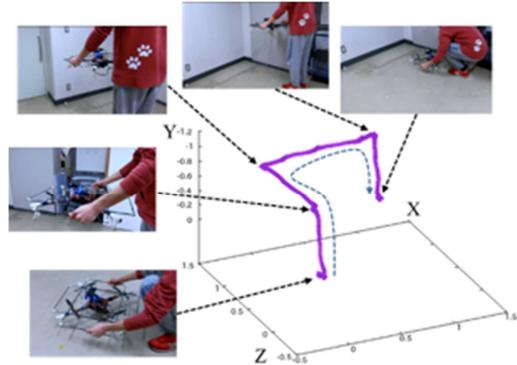


図2. デプスカメラを用いた位置推定実験（センサ情報のみでドローンの位置を推定した結果）

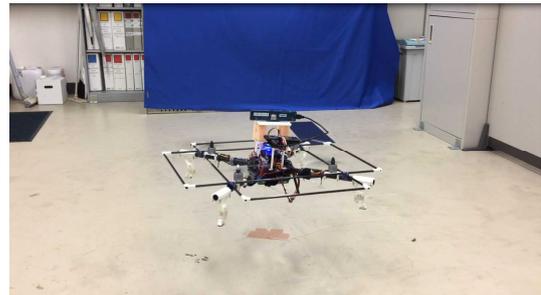


図3. 開発したドローンのデプスカメラを用いた位置推定と自動制御によるホバリング実験の様子

4. 複数の小型距離センサを用いた飛行制御^[3]

ドローンに装着するカメラは視野が限られており、計算や通信能力の制限があるため搭載可能なカメラの数に限りがある。そのため遠隔操作や自動制御の際のドローン周辺に存在する物体や障害物の認識が難しく、衝突する可能性が高い。本研究では、最大2mまで測定可能な複数の小型距離センサを機体に搭載して周辺の物体や壁との距離を実時間で計測する方法を開発した。また、天井面に吸着する動作の自動化と、壁面周辺での自動飛行によるホバリングに適用した（図4）。

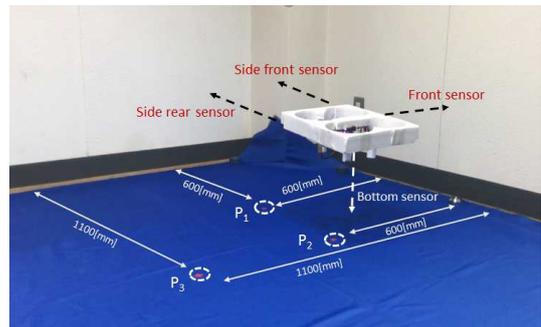


図4. 複数の小型距離センサを搭載したドローン（前、横、下方向に装着した合計4つの距離センサによる壁との距離計測と位置制御の例）

5. まとめと今後の展望

建物の天井面に吸着し走行することが可能な新しい点検用ドローンが開発された。また、デプスカメラを用いた地図作成および位置推定と、小型距離センサを用いたドローンの自動制御技術が開発された。今後は実用化に向け様々な条件の現場に点検用ドローンを適用させるため、運用技術の研究に進展していく。

参考文献

- [1] S. Kawabata, “Development of Autonomous Flight Drone for Inspection Task and Experiment Evaluation of Its Position Estimation System Using Depth Camera,” AROB 23rd 2018, pp. 951–955, 2018.
- [2] S. Kawabata, et. al., “Autonomous Flight Drone with Depth Camera for Inspection Task of Infra Structure,” IMECS 2018, pp. 804–808, 2018.
- [3] K. Nohara, et. al., “Development of Drone System Embedded with Multiple Distance Sensors for Inspection Task of Social Infrastructure,” IMECS 2018, pp. 542–546, 2018.