

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K04408

研究課題名（和文）フラクタルコプタ：再帰推力構造を持つ大型・高積載・低危害の空飛ぶじゅうたんの研究

研究課題名（英文）Fractal Copter: Large, High-Payload, Low-Hazard Aerial Robot with Recursive Thrust Structures

研究代表者

岡田 佳都 (Okada, Yoshito)

東北大学・タフ・サイバーフィジカルAI研究センター・准教授

研究者番号：10713000

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000 円

研究成果の概要（和文）：大型・高積載・低危害が特長の、飛行ロボットのための再帰推力構造を研究した。具体的には、『マルチコプタを推力とするマルチコプタ』の繰り返し構造で構成した飛行ロボットのシミュレーションおよび実機を構成した。また、繰り返し構造のための飛行制御を考案・実装し、安定して飛行可能であることを確認した。さらには、構造の中に繰り返し配置された複数のセンサの計測値を確率的に統合し、より確度の高い推定値を得る方法についても研究し、シミュレーションにおいて複数の慣性センサの計測を統合して飛行ロボットの高精度な状態推定が可能であることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

インフラ点検や物流、災害対応といったアプリケーションにおいて、大型・高積載の飛行ロボット（ドローン）が求められている。一方でそのようなドローンを少数の大径ロータで構成した場合、ロータ1つ当たりの出力が大きくなるため、事故時の危害性が高くなってしまう。本研究は多数の低出力ロータを用いて大型・高積載の飛行ロボットを構成・制御するための研究であり、社会的意義が大きい。また、大型飛行ロボットの構成法に関する研究はほとんど行われておらず、学術的意義も大きい。

研究成果の概要（英文）：Recursive thrust structures for a large, high-payload, low-hazard aerial robot were researched. Specifically, simulations and a physical model of an aerial robot constructed with a recursive structure of 'multicopters powered by multicopters' were developed. Flight control for the recursive structure was also devised and implemented, confirming stable flight. Furthermore, a method to probabilistically integrate the measurements from multiple sensors recursively placed within the structure to obtain more accurate estimates was studied. In simulations, it was confirmed that integrating measurements from multiple inertial sensors enables highly accurate state estimation of the aerial robot.

研究分野：飛行ロボット

キーワード：飛行ロボット マルチコプタ 再帰推力構造

#### 1．研究開始当初の背景

研究開始当初から現在に至るまで、マルチコプタ（いわゆるドローン）研究の中心は、小型・低積載機である。例えばロボティクス分野の最難関学会である ICRA2019 では、飛行ロボットのセッションで発表された論文 30 報のうち、最大ロータ軸間距離 1m 以上の大型機を対象としたものはわずか 2 報であった。

一方で小型・低積載のマルチコプタには、外部に対して仕事をするための余剰推力の不足および高度な計測や認識を行う機器を積載するための可搬重量の不足という物理的な限界がある。最も単純な解決策としては大型の高出力モータとプロペラに変更すればよいが、高出力ゆえの危害性が問題となる。

#### 2．研究の目的

本研究の目的は、再帰推力構造の大型・高積載のマルチコプタの構成法および制御法を確立することである。小型・低積載に集中するマルチコプタ研究の方向性と一線を画すものであり学術的独自性が高い。また、再帰構造という新たなモジュラリティを提案することで、モジュールロボット研究にも貢献するものである。

また、本研究で初めて明らかになる大型・高積載マルチコプタの構成法や制御法は、宇宙や水中、地中ロボットなどの推力で移動する全てのロボットにそのまま応用できるため、関連分野を飛躍的に発展させうる点で創造性がある。

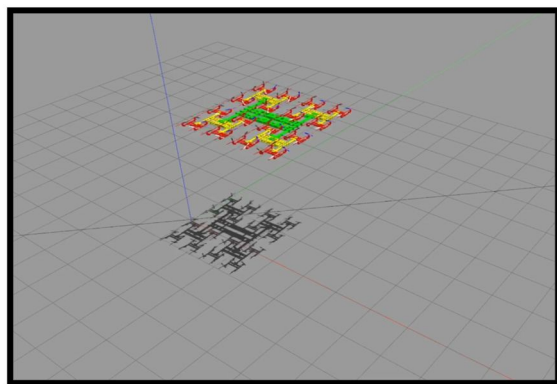
#### 3．研究の方法

本研究では、危害性の低い小型マルチコプタ用部品で繰り返し構造を構築するための構成法と制御法を明らかにする、これにより、構成要素レベルでは小型マルチコプタ並のシンプルさや危害性の低さを維持しながら、機体レベルでは大型・高積載を実現する。

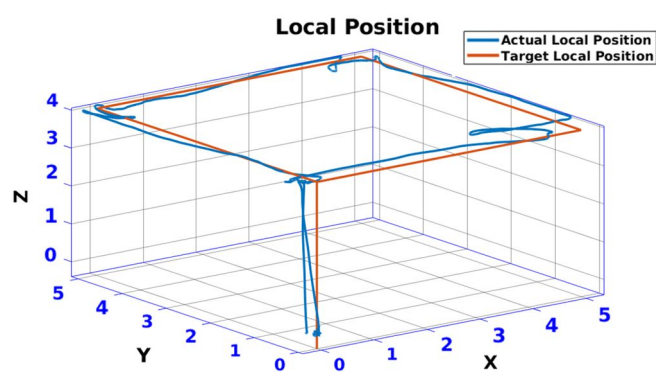
#### 4．研究成果

『マルチコプタを推力とするマルチコプタ』の繰り返し構造で構成した飛行ロボットのシミュレーションおよび実機を構成した。また、繰り返し構造のための飛行制御を考案・実装し、安定して飛行可能であることを確認した。構成した飛行ロボットがシミュレーション環境で飛行する様子と経路追従制御の結果を図 1 に、実機の外観を図 2 に示す。

さらには、構造の中に繰り返し配置された複数のセンサの計測値を確率的に統合し、より確度の高い推定値を得る方法についても研究し、シミュレーションにおいて複数の慣性センサの計測を統合して飛行ロボットの高精度な状態推定が可能であることを確認した。



(a) Flight test on Gazebo simulation



(b) Actual local position vs target local position

図 1: 再帰推力構造の飛行ロボットの実シミュレーション



図 2: 再帰推力構造の飛行ロボット実機

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Pongsakorn Songsuroj, Yoshito Okada, Kazunori Ohno, Satoshi Tadokoro
2. 発表標題 Multi-UAV scalable platform for heavy load transportation
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス 講演会 2021
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------