

研究テーマ名 大型マルチロータ機のコンパクト化の研究開発について

機関名：ヤンマー株式会社中央研究所、名古屋大学、大阪府立大学

プロジェクト概要

【目的】

研究の背景

マルチロータ型のUAV (Unmanned Aerial Vehicle) が様々なビジネスへ展開されつつある。

しかし運搬を目的とする大ペイロードを必要とする機体の開発は遅れている、その原因の一つとして、推力を向上させるために多くのロータを用いることから、地上への投影面積が大きくなり、UAV機体を運搬する場合や、狭隘部での飛行が困難となることが挙げられる。

研究の狙い

そこで、ロータを多段に重ねることによって、地上への投影面積を小さくしつつ、効率を落とさないような最適なロータ配置の設計指針を得ることを狙いとする。

【成果】

実験と結果

効率の定義を入力トルクに対する推力をロータの掃引面積でノーマライズした尺度 (FoM: Figure of Merit) とし、以下の実験を行った。

- ①比較のために同一平面に複数のロータを並べ、ロータの軸間距離とロータのピッチ角をパラメータにとったときのFoMを計測した。その結果、ロータ間の干渉による効果は見られず、単独ロータの結果を大きな違いは見られなかった。
- ②次にFig.1に示すようにロータ配置を上下2段とし、 v :ロータ面間距離、 h :ロータ軸間距離をパラメータにし、FoMを計測した。その結果をFig.2に示す。 $v/r=0.5$ 、 $h/R=1.35$ 付近において、ロータを平面に並べたときの結果と同程度の効率を示した。
- ③上記の結果を用いて、Fig.3に示す、より実用に近い8ロータ構成 (上段、下段それぞれ4ロータ) での実験を行った。地上投影面積は従来 (ロータを平面に並べたとき) に比べ30%減少している。その結果、 $v/R=0.75$ 付近、かつヨーイングトルク差の調整のために上下ロータのピッチ角差3度にした場合、効率が従来と同等となった。またこのときの回転方向は上下段のロータが上方から見て重なっている領域において、上段、下段のロータの回転ベクトル v_u , v_l の内積が正になることが条件である。

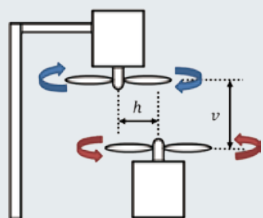


Fig.1: ロータ配置を上下2段にした実験装置

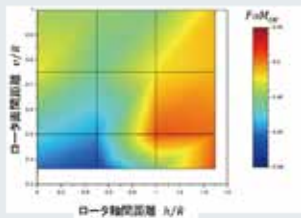
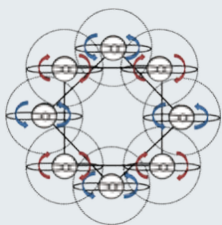
Fig.2: ロータ配置を上下2段にした場合の実験結果。それぞれロータ面間距離とロータ軸間距離は、 R (ロータ半径) でノーマライズしている。

Fig.3: ロータ配置を上下それぞれ4ロータにした実験装置。



設計指針

効率を落とすことなく地上投影面積を小さくするためには、以下の条件でロータ配置を2段構成にする $h/R=1.35$ 、 $v/R=0.5$ (2ロータの場合)、 0.75 (4ロータの場合)、上下ピッチ角差が2～3度、上下段ロータの重複領域で $v_u \cdot v_l > 0$

モックアップ製作

今回の実験で得られた設計指針によって、以下のマルチロータのUAVのモックアップを製作した。



主要諸元

機体直径	470mm	
ロータ半径(R)	100mm	
ロータ軸間距離(h)	160mm	$h/R=1.6$
ロータ面間距離(v)	52mm	$v/R=0.52$
機体重量	950g	コントローラ、バッテリー除く