

QTW (Quad Tilt Wing) 機の設計と試作

制御工学・メカトロニクス研究室

江崎 亨

1. はじめに

現在、無人航空機(Unmanned Aerial Vehicle ; UAV)は人が近づくことが困難な場所にも容易に接近することができるので災害監視や科学観測などでの使用が検討され、研究が非常に盛んになってきている。現在の UAV は有人機と同様に、固定翼機と回転翼機に分けられる。固定翼機は図 1 のような機体で、飛行機形態であり高速度飛行ができ、航続距離も長い。しかし、長大な滑走路やカタパルトなどの施設が必要となる。回転翼機は図 2 のような機体でヘリコプター形態であり、垂直離着陸が可能で大きな設備を必要とせず、定点滞空が可能である。しかし、飛行機よりも巡航性能が劣る。運用される際にはそれぞれの長所を生かして使用されている。[1]

自然災害の際には、被害が広範囲に及ぶことがあり、一般的に地上基地局が観測地点から離れて設置されるので観測機体には長距離を短時間で移動できる高速度飛行性能が求められる。一方で、観測地点では定点滞空性能や低速度飛行性能が求められる。緊急時は観測機が滑走路を使用できるとは限らないので垂直離着陸性能も求められている。固定翼機と回転翼機の長所を併せ持つ機体の形態であるティルトウィング機の一つである Quad Tilt Wing 機の設計・試作を行った。

2. Quad Tilt Wing 機設計

機体諸元を表 1 に、今回私が製作した機体を図 3 に示す。製作した機体は JAXA の QTW 機をもとに製作した。製作した機体の重量は、4.0[kg]であるので 1 つのローターが持ち上げる重量は 1.0[kg]以上必要である。翼をティルトさせる部分には、サーボと歯車を用いてギア比は 1 : 1 とした。サーボの回転角がティルト角となるようにした。ティルト機構は複雑になりすぎるので簡単にできるようにした。

3. 揚力・推力について

QTW 機のティルト角が 0 度 (水平飛行時) の時の揚力 L は、次式を用いて計算を行った。CL は揚力係数、ρ は密度 [kg/m<sup>2</sup>]、V は巡航速度[m/s]、S は翼面積[m<sup>2</sup>]とする。

$$L = C_L \frac{1}{2} \rho V^2 S \quad \dots (1)$$

自重 W[N]以上の力を揚力で発生させればいいので、L>W となる揚力があればよい。この条件をみたすように巡航速度の設計を行った。[2]

プロペラの直径とピッチとモーターの kv 値からモーターの出せる静止推力が次式から求めることができる。

$$T = \left(\frac{D}{10}\right)^3 \times \left(\frac{P}{10}\right) \times \left(\frac{N}{1000}\right)^2 \times 22 \quad \dots (2)$$

T : 静止推力[g]、D : プロペラ直径[inch]、P : プロペラピ

ッチ[pitch]、N : 回転数[rpm]、22 : 世界標準プロペラ係数 Kv 値とは rpm/V のことである。モーターの回転数を求めるには kv 値にバッテリーの電圧を掛けることで求めることができる。QTW 機は垂直離着陸性能と定点滞空を求められるので、モーターの回転数が 50%の時に 1.0[kg]の重量を持ち上げることができるようにする。モーターの回転数が 30%程度の時に下降、70%程度の時に上昇・水平飛行ができることを目的に設計を行った。

4. 結言

機体を製作し、今回は揚力の数値計算を行った。揚力計算を行った結果機体諸元にある巡航速度では十分な揚力が発生するということが分かったが、この巡航速度では機体自体が大きく重量も大きいので水平飛行は難しいと思われる。今後は機体のサイズを小さくする必要がある。

文献

- (1) 森本明浩. (2015) QTW-UAV の飛行制御則 高知工科大学制御工学・メカトロニクス研究室学士論文
- (2) 牧野光雄 (2012). 航空力学の基礎 (第 3 版) 産業図書



図 1 固定翼機



図 2 回転翼機

表 1 機体諸元

全長	1000 [mm]	全幅	1000 [mm]
全高	500 [mm]	離陸重量	4.0 [kg]
巡航速度	15 [m/s]	最大飛行時間	10 [min]
推進装置	電動モータ (NTM Prop Drive Series EF-1 1300kv)	プロペラ	10 [inch] × 5.5 [pitch]



図 3 Quad Tilt Wing 機