

マルチロータヘリコプタの軌道制御に関する研究

Study on trajectory control of multi rotor helicopter

主任研究員名：今村 彰隆

分担研究員名：三輪 昌史

近年、小型無人航空機(Unmanned Aerial Vehicle; UAV)が注目されドローンと呼ばれている。主として農薬散布や空中撮影などに無線操縦型ヘリコプタが利用されてきたが、安価で高性能な各種センサが開発されたことで飛行安定性が高く操縦性も良いマルチロータ型ヘリコプタが実用化され、ホビー用から産業用まで自律型も含めて多くの製品が発売されている。本研究はマルチロータ型ヘリコプタを計測システムのプラットフォームとして用いることを研究目的とする。一般的なヘリコプタは高速回転する大型のロータを持つため、人畜に対し危険性が高い。このロータの危険性に対しては、複数の小型ロータを用いる **Multi Rotor Helicopter(MRH)**が有利であり、構造が簡単で操縦安定性も良い。その中で4発の **Quad Rotor Helicopter (QRH)**が産業用からホビー用まで広く利用されている。

本研究組織では **QRH** の軌道制御に関して次の 2 テーマを分担研究している。

1. 機体を傾けずに移動可能なクアッドロータヘリコプタの研究

一般に航空機は、旋回の際や横風に対抗するために機体を傾けるが、空撮や対地計測で精度が必要な場合は水平姿勢を保つことが要求される。この要求に応えるため移動する際やホバリング中でも常に飛行姿勢を水平に保つことが可能な機体を提案する。

2. 安全性を考慮したクアッドロータヘリコプタの研究

クアッドロータヘリコプタのロータは小径であるため、危険性が低いが更なる安全性を求められる。ロータが筒で覆われたダクトファンを用いることでより安全性を高めることが可能である。実用性を考慮した機体構成を提案する。

ティルトロータ型クアドロータヘリコプタの飛行特性

今村 彰隆 (工学部電子情報通信工学科)

クアドロータヘリコプタ(QRH)が水平移動する際、飛ぶ方向へ水平な推力成分を発生させるために機体の姿勢を傾けなければならない。また、姿勢制御システムはホバリング中の横風などの外乱に対しても機体を傾けて位置を一定に保つ。その結果、QRHが飛ぶ姿勢は常時傾くことになる。本研究では移動や外乱に対して機体の姿勢を傾けることなく、常時水平姿勢を維持したまま飛行可能なQRHを研究している。この実現には推力偏向機構が必要となるが、この目的に特化したティルト型クアドロータヘリコプタ(QTRH; Quad Tilting Rotor Helicopter)を提案する。

本研究ではロータ推力を偏向するためにティルトロータ機構(TMR; tilting mechanism for rotors)を用いる。その役割は推力を偏向させることで、機体姿勢を傾けずに所望の方向へ飛行させる事が可能である。

一般にQRHは固定ピッチのロータが用いられるため、推力偏向のためにTMRを適用することが容易である。QTRHを適用できるフレーム形式は2種類が考えられる(図1)。「H」タイプは推力偏向による損失が殆ど無いが、移動方向に制限がある。「X」タイプは推力偏向による合成で相殺成分があるため推力損失が生じる。しかしながら移動方向に制限が無く、全方向に均一な推力が得られる。そこで本研究ではQTRHに「X」タイプを採用する。この「X」タイプは横風等の外乱下でも機能し、水平姿勢の維持が可能である(図2)。

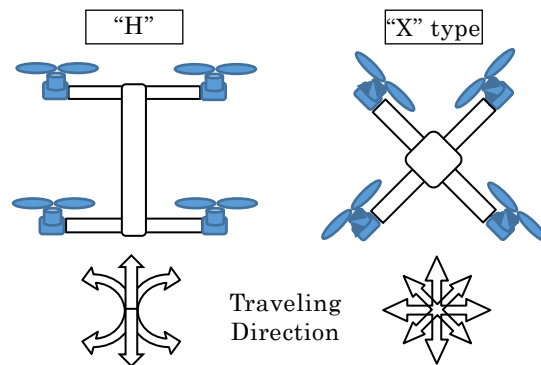


図1 Tilt axis of QTRH

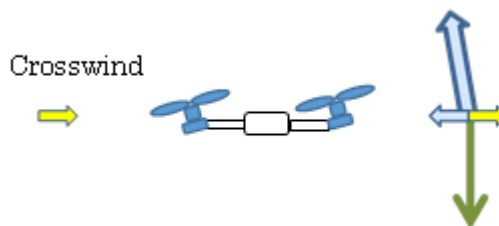


図2 QTRH under crosswind

QTRH は TMR が使用される時偏向角度に従って揚力が減少する。そのためフライトコントロールローラは全体のロータ回転数を上げて揚力を補償する必要がある。また屋外環境では強風も予想されるため、QTRH の余裕推力は通常の QRH よりも大きくとる必要があり、TMR の最大偏向角に依存する。TMR の実装には、ティルト機構の強度および精度が重要であり、ロータ回転による共振も発生するためダンパも必要となる。本提案は最も簡単な機構による最小の自由度追加で目的を達成することが可能な方式である。

発表論文： Akitaka Imamura, Yasuyuki Urashiri, Masafumi Miwa, Junichi Hino,
“Flight Characteristics of Quad Rotor Helicopter with Tilting Rotor,” The Journal of
Instrumentation, Automation and Systems, Vol. 1, No. 2, pp. 56-63, 2014 年 11 月

ダクトドファン型クアドロータヘリコプタの制御

三輪昌史（徳島大学工学部）

本研究はクアドロータヘリコプタがいかなる状況でも機体姿勢を水平に保つ事を目指し、推力方向制御システム(Trust Vector Control System; TVCS)を導入する。このシステムはダクトドファン(Ducted Fan; DF) と推力偏向ノズル(Thrust Vectoring Nozzle; TVN)で構成され、ロータの危険性は更に低くなる。

本研究では Quad Ducted fan Helicopter(QDH)を先行研究しており、この QDH に TVN を追加装備した実験機を試作し、飛行実験によって効果を検証する。本研究はこの制御方法による飛行実験を行い、QRH の飛行制御が可能であることが確認された。



図 1 推力方向制御システム(TVCS)



図 2 実験機体 (QDH+TVN)

発表論文： Akitaka Imamura, Shinji Uemura, Masafumi Miwa, Junichi Hino,
“Flight Characteristics of Quad Ducted Fan Helicopter with Thrust Vectoring Nozzles,”
The Journal of Unmanned System Technology, Vol. 2, No. 1, pp. 54-61, 2014年06月