

4 軸回転翼型 RCヘリコプタの開発に関する基礎的研究 (1)
— 本機の試作 —

中尾清治・吉田忠彦・藤浦建史・姚 劍亭

Fundamental Studies on Development of Four-Rotor Type
RC-Helicopter (Part 1)
— Trial Production of RC-Helicopter —

Seiji NAKAO, Tadahiko YOSHIDA, Tateshi FUJIURA and Kentei YOU

Abstract RC-helicopter that can be controlled easily may be required on use of farm work in future. In this paper, four-rotor type RC-helicopter was tried to develop and the results of some flight tests were reported.

The trial RC-helicopter had four rotors which were driven by DC motors, The pitch angle was fixed and the revolutional speed of each motor was controlled by way of PWM (pulse width modulation). They revolved in the opposite direction each other in order to defeat the reaction torque of the body caused by the revolution of rotors. The flight stability of the RC-helicopter could be controlled automatically by two gyroscopes.

From the test results, the best pitch angle of the rotor was 10 degrees. The maximum lifting force of trial RC-helicopter with the best pitch angle was 15.9 N at 1170 rpm in rotor revolution.

Key words: Four rotor type RC-helicopter; pitch angle; flight stability; lifting force; rotor revolution.

緒 言

わが国の農業では、農業就業者の減少及び高齢化が大きな問題となっている。これらの問題の解決策のひとつとして農業の機械化による作業の省力化、または人件費削減等の低コスト化が必要とされている。

農業の機械化における研究及び開発は、さまざまな角度から検討されている。その中のひとつに航空機の利用があり、日本では主に農薬散布にヘリコプタが利用されている。その理由としてあげられるのは、農地の区画面積が諸外国に比べてはるかに小さく、地形的にも起伏が多くて固定翼の飛行機の使用が困難である。一方、ヘリコプタは、飛行速度が遅く、また地上のトラクタと似た

ような性格を持ち、各種のアタッチメントを適宜交換することにより、播種、施肥、除草、防除（液剤、微粒剤、粒剤、粉剤等の散布）等の多種の作業が可能であること、ヘリコプタのメインロータからのダウンウォッシュを利用して農薬の散布を効率的に行えること等である。

しかし、大型のヘリコプタでは、購入時及び利用時のコスト面の問題や農薬散布時に起こる範囲外飛散の影響による環境汚染の問題がある。

これらの問題の改善策として、近年、RCヘリコプタの農業利用への関心が高まっている。

RCヘリコプタを用いた場合の利点としてあげられるのは、RCヘリコプタに薬剤タンク及び噴出ノズルを取り付け、ロータの回転によって起こるダウンウォッシュを利用して薬剤散布を行う場合、従来よりも低空で散布することが可能なため、薬剤の範囲外飛散が少なく、また、付着効率を高めることができ、したがって微量散布が可能であるという点である。また、小区画な畑作、果

吉田忠彦：島根大学大学院農学研究科修士課程
姚 劍亭：島根大学農学部研究生

樹等の部門でも利用が可能であるという点もある。

現在、農業用RCヘリコプタは一部の農家で購入され実用化への試行が行われているが機体の操縦と、ノズルの開閉の操作を別々の送信機で行っているため、2名から3名の作業者を必要とし、とくに安定飛行するための操作がかなり難しく、高度な熟練を必要とするため、誰でもが容易に利用できるというわけではない。

この問題を解決するために、飛行安定性に優れ、操作が容易なRCヘリコプタを開発し、現在の航空散布作業を補完する目的に向けての基礎研究として、4軸回転翼型RCヘリコプタを試作し、基礎実験を行った。

1. 4軸回転翼型RCヘリコプタの試作

1.1 4軸回転翼型RCヘリコプタの構造

今回、試作した4軸回転翼型RCヘリコプタ(図1)は、室内用玩具として市販されている安定性のよい4枚のロータを持つ小型RCヘリコプタの形状をもとにしたものである。

以下に説明する基板ユニット、プロポ及びジャイロは上述した小型RCヘリコプタのものを使用した。基板ユニットは受信機とマイコン制御のコントロールアンプが組み込まれた3層構成のプリント配線基板、プロポは4チャンネルで実機ヘリの操縦に近い操作が行えるもので、前後の操作と左右の操作が1本のスティックにまとめられているものである。ジャイロは2種類のもものが搭載されており、ひとつは、回転しているジャイロを軸方向に変化させる回転力が働いた場合、その回転力の面と直角の面内で回転しようとする、いわゆるプリセッションとよばれる現象を利用し、主に角速度検出に用いられるレートジャイロと、もう1つは、ジャイロをフリーにしておくと、いつまでもその方向を保つことを利用した位置検

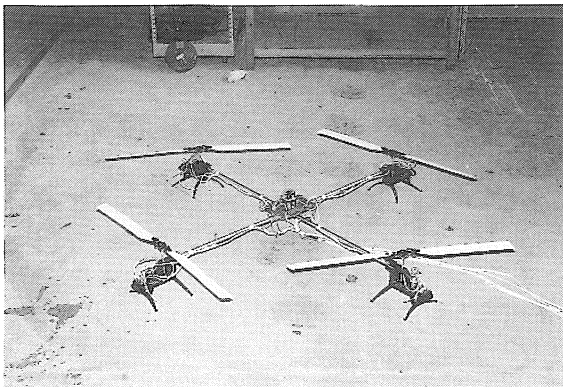


図1 試作した4軸回転翼型RCヘリコプタ

出に用いられるフリージャイロである。

また、基板ユニットからの出力だけでは大型のモータを回転させる出力が得られないために、DCモータドライブ用トランジスタにより増幅して、大型のモータを回転させていた。また、駆動装置及びフレーム部は、できるだけ軽量にするために、電動RCヘリコプタの部品として使用されているプラスチック製の部品とアルミ製の部品を用い、ロータも強化を施した発砲スチロール製のものを使用し、機体重量の軽減化をはかった。

仕様は表1に示したとおりで、図2に示すロータの直径は890mm、このロータ直径を基準としてB、Dのように対角に位置するロータの軸間距離は1300mm、そしてC、Dのように隣あうロータの軸間距離は920mmとした。機体全質量は2.68kg(自重26.26N)、駆動部分のギヤは4枚使用しており、ギヤ比は3.46:1となっている。

表1 仕様

全長	……1,570mm
全高	……230mm
全質量	……2.68kg
ロータ径	……890mm
ギヤ比	……3.46:1
モータ	……京商 LE MANS PRO SUPER HERI (4個)
	使用電圧 7.2V~8.4V
	全長 56mm 直径 36mm 質量 178g
ジャイロ	……キーエンス社製E-570用
	フリージャイロ(質量 8g)
	レートジャイロ(質量 6g)
電源装置	……ネミックラムダ EWS 600-9
	電圧 6.5V~12.0V

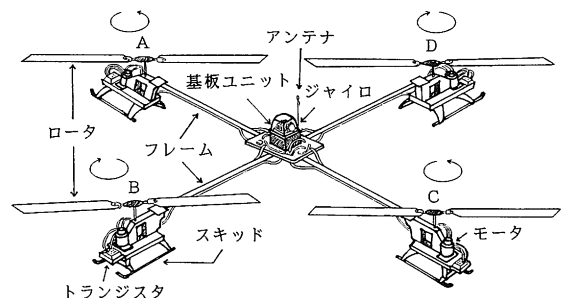


図2 4軸回転翼型RCヘリコプタ

1.2 飛行の原理

ロータの回転動作は、前後のロータが反時計回りに回転し機体に時計回りのトルクを与える。そして左右のロータが時計回りに回転し機体に反時計回りのトルクを与え、互いにロータ回転時に起きるトルクを打ち消しあい機体の安定をはかっている。

また、これら4枚のロータは、それぞれ独立したモータで駆動され、それぞれのモータはパルス幅により回転速度を制御する。そこで、これらの4個のモータの駆動するパルス幅をマッチングさせることにより、機体の上下、前後左右の傾き、回転の制御が行われる。例えば、図2に示すロータAの回転速度を上げ、ロータCの回転を下げることにより、上下運動と回転運動に影響を与えることなく機体をロータC方向へ傾け、移動出来るようになっている。そして、搭載された2つのジャイロが機首の横揺れ、前後、左右の傾きを検出して4枚のロータの回転速度を制御するため、非常に安定した飛行になる。

通常のヘリコプタは、プロポの操作によりロータのピッチ角(翼の角度)を変化させ機体の移動を行う。しかし、上述したように4軸回転翼型RCヘリコプタは、パルス幅の変化により機体の移動を行うため、通常のヘリコプタのようなロータのピッチ角の変化を必要としない。そのため、4軸回転翼型RCヘリコプタはロータのピッチ角を一定に固定して使用する。

実験及び結果

1. 実験方法

今回の実験では、試作した4軸回転翼型RCヘリコプタの特性を検討するために、まず、本機に最適な固定するピッチ角を調査した。

これを、基本的に調査するために4軸のロータのうちの1つのロータについて、回転速度、ピッチ角6°から12°までの揚力、ロータ軸トルクを、4軸回転翼型RCヘリコプタに使用した駆動装置を用いて計測した。

次に、4つ組み合わせた時のロータについて揚力、回転速度を調査するためにDC 12Vの電源を使用し、試作した4軸回転翼型RCヘリコプタを有線で飛行させ同様に計測を行なった。

2. 実験結果

1つのロータについての実験で測定したロータ軸トルク、揚力より、ピッチ角ごとの必要な動力と揚力の関係を求めたものが図3である。

図に示されるように、動力が小さく回転速度が小さい0から10W程度の範囲では、それぞれのピッチ角での変化は大きな値ではないが、動力が大きくなるにつれてピッチ角10°のときが、同じ動力に対して揚力が大きくなった。したがって、このピッチ角のときが最も良く本機に適していると考えられる。

この結果に基づいて4つの組み合わせたロータについて、試作した4軸回転翼型RCヘリコプタのピッチ角を6, 7, 8, 9, 10及び11°にそれぞれに固定し計測を行った。プロポのレバーは最も上げた最高の動力におけるホバリングの状態として、ロータの回転速度と揚力を測定した。その結果を表2に示す。この結果から、ピッチ角10°のときの揚力が最大でロータの回転速度1170rpm、また揚力は15.9Nという結果が得られた。試作機の自重は26.26Nであるので、4枚のロータによる揚力は42.16Nという結果になる。

図4は飛行実験中の写真であるが、室内での基礎的な飛行のために、機体が上昇し過ぎないように重りを付けているために、上昇距離は、60cm程度となっている。

今後、これらの実験をもとに試作機の飛行の安定性、操縦性を検討する予定である。

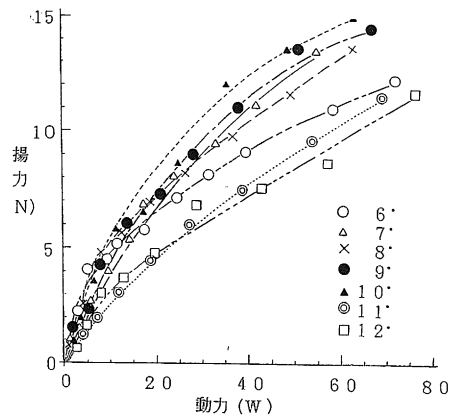


図3 各ピッチ角の効率

表2 4つのロータによる実験結果

ピッチ角	回転速度 (rpm)	揚力 (N)
6°	1400	13.2
7°	1320	14.3
8°	1250	12.2
9°	1180	14.6
10°	1170	15.9
11°	1080	13.5

摘 要

操縦が容易に行える RC ヘリコプタの開発は、航空機の農業への利用のために、今後必要になってくると考えられる。今回、基礎研究のために試作した 4 軸回転翼型 RC ヘリコプタは、4 枚のロータを持ち、互いに回転時に起きるトルクを打ち消し合うことにより機体の安定をはかる。また、上下、前後左右の運動は、すべて電流のパルス幅制御による回転速度の変化で行われ、2つのジャイロが機体の傾きを制御している。4 軸回転翼型 RC ヘリコプタは、通常の RC ヘリコプタと異なり、ピッチ角の変化を必要としないため、ロータのピッチ角は一定になっている。

試作した 4 軸回転翼型 RC ヘリコプタの基礎実験として、固定するピッチ角を調べるために、1つのロータについて回転速度、ピッチ角ごとの揚力、ロータ軸トルクを計測し、本機に最適なピッチ角は 10° であるという結果が得られた。また、4つの組み合わせたロータについて、有線で飛行させ、本体の揚力、回転速度を計測した。その結果、プロポのレバーを最もあげたホバリングの状態でピッチ角 10° のときに最大の揚力が得られロータの回転速度1170 rpm 揚力15.9N という結果が得られた。

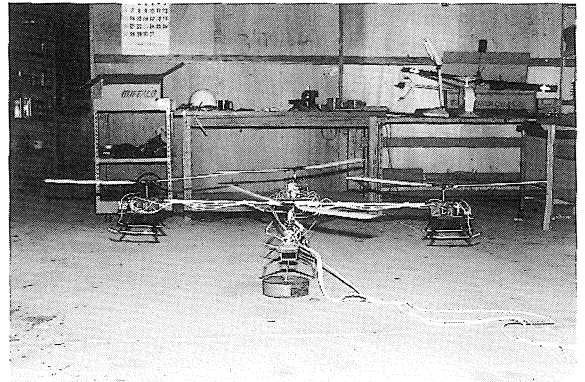


図 4 有線飛行実験

引用文献

- 1) 市川良平, RCヘリコプターの開発, 実用化, 農及園, 65: 169-176, 1990.
- 2) 笹倉新蔵, 生まれ変わったキーエンスジャイロソーサー IIE-570, ラジコン技術, 12: 185-189, 1990.
- 3) ———, 有線専用ジャイロソーサープロテクター. 同, 3: 159-161, 1990.
- 4) 富田賢二, 京商E Pコンセプト電動ヘリ抜群のホバリング安定性, 同, 9: 159-164, 1990.