

(別紙様式-2)

観測業務におけるヘリコプタ利用の可能性検討  
Investigation of possibility of usage of a helicopter for monitoring  
砂田茂、名古屋大学・工学研究科航空宇宙工学専攻

## 研究目的

本申請研究には2つの大きな目的がある。1つ目は、貴組織の活動にヘリコプタを利用した観測を取り込むきっかけを作ることである。この目的には、以下の3つの背景がある。①貴組織では固定翼機での観測が盛んであると思われるが、固定翼機よりもヘリコプタの方が適した観測が存在する。②一般にヘリコプタのチャータ代は固定翼機のチャータ代に比べ廉価であり、固定翼機でもヘリコプタでも選択可能な場合、ヘリコプタの選択可能性を持っていることは試験実施頻度増大につながる。③貴組織においてヘリコプタでの大気観測の実績が生まれると、富山大学といったヘリコプタを利用し様々な大気観測を行っている機関との共同研究に広がる可能性がある。

2つ目は本課題申請者のグループが提案した重心移動による低振動化法[1]、[2]をラジコンヘリコプタで実証することである。この成果は、広くヘリコプタの利用拡大に貢献できる。もちろん、貴組織における今後の様々な観測業務において、固定翼機だけでなくヘリコプタ利用を選択する可能性拡大(第1番目の目的)に貢献する。

## 研究方法

田屋エンジニアリング(株)に、4枚ブレードロータラジコンヘリコプタの製作を依頼した。製作完了後、まず、振動に大きく影響するブレードの特性を評価した。次に製作機体を用いて田屋エンジニアリング(株)と共同で、2024年3月24日、一宮ヘリフライヤーズ飛行場で飛行試験を行った。飛行試験の条件は以下の通りである。

### 重心位置を変更するための重りの位置

(ケース1) シャフトの真下

(ケース2) 左後方  $45^\circ$ 、シャフトからの距離  $=0.2R$  ( $R$ :ロータ半径) の位置

(ケース3) 左後方  $45^\circ$ 、シャフトからの距離  $=0.4R$  の位置

(ケース4) 右後方  $45^\circ$ 、シャフトからの距離  $=0.2R$  の位置

提案手法を用い、他の機体諸元について行った解析における  $4/\text{rev}$  振動(ロータ回転周波数の4倍の周波数での振動)の大きさの順番は、(ケース4) > (ケース1) > (ケース2) > (ケース3) であった。

### 取得データ

データ取得装置は2階建てであるが、1階部分の防振の無いIMUによって、加速度3成分、角速度3成分、姿勢角3成分、位置3成分、時間、ロータ回転数を取得した。

### 飛行

- ・ 定常前進飛行 : 10 秒程度
- ・ 定常時機速 : 140km/h 程度

## 研究結果



図1 製作したラジコンヘリコプタ  
(田屋エンジニアリング(株)製)

## ブレードの特性

表1 ブレード諸元

翼型	NACA0012
ブレード長 $l(m)$	0.7(m)
ブレード質量 $M(m)$	0.217(kg)
単位長さ当たり質量 $m(m)$	0.311(kg/m)
ルートカットオフ $e(m)$	0.086(m)
コード長 $c(m)$	0.06(m)
スキンの厚み $t(mm)$	0.8(mm)
平面形	翼端、翼根部を除き矩形

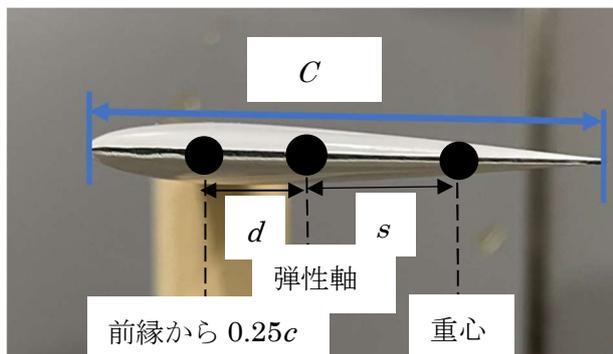


図2 ブレード断面

(左の図の各点の位置は実際の位置を示していない)

$$d = 0.05m(0.08c)、s = 0.025m(0.04c)$$

$$EI = 28.3 N \cdot m^2$$

$$GJ = 2.91 N \cdot m^2$$

## 飛行試験

一方向に前進する際、前進速度が減少、増加しており、定常前進飛行と見なせる時間が極めて短かった。前進速度が最小である時刻付近の飛行を定常前進飛行とみなし、その時間領域での機体  $z$  方向の加速度をFFT処理した。その結果、①ロータ回転周波数の2倍強の周波数で大きな振幅の振動が見られた。原因は分析できていないが、電気的なノイズである可能性が高い。分析を継続する。②4/rev振動は、(ケース4) > (ケース1) > (ケース3) > (ケース2) の順に大きかった。提案手法で予想された順番と(ケース2)と(ケース3)が逆であったが、提案手法による予想と飛行試験における順番がおおむね一致した。

## 考察

重心位置が異なる4つのケースでの4/rev振動の大きさの順について、飛行試験と提案手法との間で差が見られた。この差の原因として、提案手法による振動評価において製作機の諸元が用いられていないこと、飛行試験において十分に長い時間の定常飛行が実現できなかったことが挙げられる。これらの問題を取り除けば、重心位置の異なる4ケースでの4/rev振動の大小関係は提案手法と飛行試験とで一致する可能性が高いと思われる。

## まとめ

ラジコン機を用いた飛行試験によって、理論解析の成果を基に提案した「重心移動による低振動化」の有効性を確認することができた。今後、実機での飛行試験で同提案手法の有効性を確認する。また、実機において大きく重心移動することは困難であるので、重心移動の代替案として「シャフトの傾斜や補助翼の利用」[3]を検討する。

## 参考文献

- [1] Yoshizaki, Y., Sunada, S. “Analysis of Rotorcraft Vibration Reduction Using a Center-of-Gravity Offset”. Trans. Japan Soc. Aero. Space Sci. Vol.66, No.1, pp.1–9, 2023.
- [2] 吉崎 裕治、砂田 茂、“回転翼機の振動低減を目的とする重心オフセットが安定性に与える影響について”、日本航空宇宙学会論文集、Vol.71、No.3、pp.105–111、2023.
- [3] 吉崎 裕治、砂田 茂、“回転翼機における振動低減のための重心移動の代替案についての一考察”、日本航空宇宙学会論文集、Vol.71、No.4、pp.174–180、2023.