

10 . ロータ・アクティブ・コントロール基礎風洞試験

近藤夏樹, 末永尚史, 白井正孝, 齊藤茂 (航空宇宙技術研究所)
赤坂剛史, 田辺安忠 (川田工業)

Elementary wind tunnel test of rotor active control

Natsuki KONDO, Hisashi SUENAGA, Masataka SHIRAI, Shigeru SAITO (NAL)

Takeshi AKASAKA, Yasutada TANABE (Kawada Industries, Inc.)

Key Words: Helicopters, BVI noise, HHC, Active flap

Abstract

This paper shows the results of the elementary wind tunnel test of blade active control using a 1-bladed model rotor at the 2.5m × 2.5m multi-purpose wind tunnel in Kawada Industry. In this test, the effects of higher harmonic control (HHC) and active flap control (AFC) on rotor blade-vortex interaction (BVI) noise were investigated. The frequency of the control was 20Hz (2/rev), and the amplitudes of HHC and AFC were $\pm 2.0^\circ$ and $\pm 15.0^\circ$; respectively. The phase of control was changed at intervals of 45° . Two types of BVI were tested. The one is the parallel vortex interaction using the vortex generator upstream of a non-lifting rotor. The other is self-generated vortex interaction of a lifting rotor. As a result, the effects of BVI noise reduction were observed in the some cases.

1. はじめに

ヘリコプタ・ロータのアクティブ・コントロールはブレード全体もしくは翼端付近に付けたデバイスを制御する技術のことで、ヘリコプタの振動/騒音低減への効果が期待されている。とりわけ騒音については、ヘリコプタが緩降下時に発生するBVI (Blade Vortex Interaction) 騒音低減への効果が期待され、欧米でも様々な研究が進められている。このような背景から、航技研においてもアクティブ・スポイラ等の研究¹⁾を進めており、現在は幾つかあるアクティブ・コントロール技術の中から有望な物を絞り込む検討を行っている。その一環として、今回はHHC (Higher Harmonic Control) と呼ばれるブレード全体のピッチング運動を高調波で制御する技術と、翼端部に取り付けたフラップのみを高調波で制御する AFC (Active Flap Control) について、1枚ブレード・モデル・ロー

タを用いた基礎試験を行い、その効果を確認するとともに CFD をベースとしたロータ騒音解析コードの検証用データを取得したので報告する。本試験は川田工業と航技研の共同研究として行われた。

2. 試験装置の概要

試験に用いた1枚ブレード・モデル・ロータの外観図を図1に示す。メイン・ロータの最大回転数は1200rpmで、ブレードはハブに対してリジッドに取り付けられており、フラッピングやラギング等の自由度はない。供試体ブレードは回転半径1m、翼弦長0.12m、翼断面がNACA0012の矩形ブレードでねじり下げはついていない。スパン方向90%半径位置には上下面に14個の非定常圧力センサを埋設してある。ブレードの対面にはバランス・ウェイトを装着しており、ブレード・ピッチ角を検出するポテン

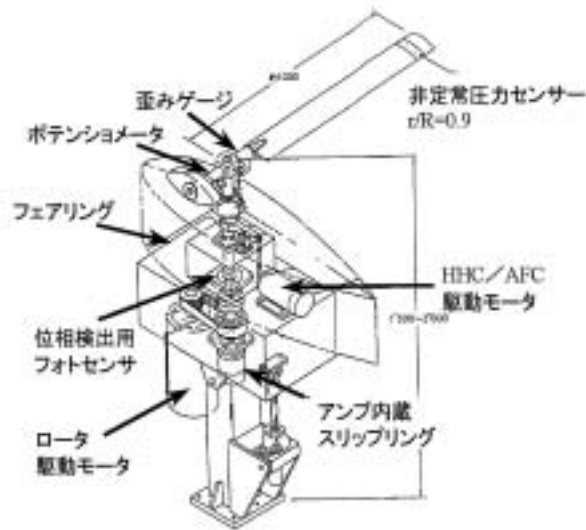


図1 ロータ装置構成

シヨ・メータも対面側に取り付けられている。1/rev位相情報はフォトセンサ用円盤の回転によるフォトセンサのON/OFFのタイミングで検出する。AFC駆動時のフラップ舵角はホール・センサにより計測する。

HHCおよびAFC駆動は定格3600rpmのサー

ボモータにより行う。図2に示すようにモータの回転をクランク機構により往復運動に変換し、スワッシュ・ブレードを最大20Hz(モータ回転数1200rpm)で加振して、HHCもしくはAFCを行う。翼端部のAFC機構を図3に示す。なお、HHCとAFCの同時駆動はできない。振幅の設定はプリセット式で、HHCは最大 $\pm 2^\circ$ 、AFCは最大 $\pm 24^\circ$ の駆動が可能である。また、HHC/AFCの位相は制御盤の操作により、 $0 \sim 360^\circ$ の間で連続的に変えることができる。

3. 風洞試験概要

風洞試験は川田工業株式会社、多目的風洞の航空用測定部において実施した。同風洞は吹き出し口寸法が $2.5\text{m} \times 2.5\text{m}$ の開放式で、最大風速は 45m/s である。ロータ装置の設置状況写真を図4に示す。装置本体は既設天秤を囲む架台の上に設置し、騒音計測用のマイクロフォンはロータ面から左舷の 30° 斜め上方に3本、回転



図2 HHC/AFC 駆動機構

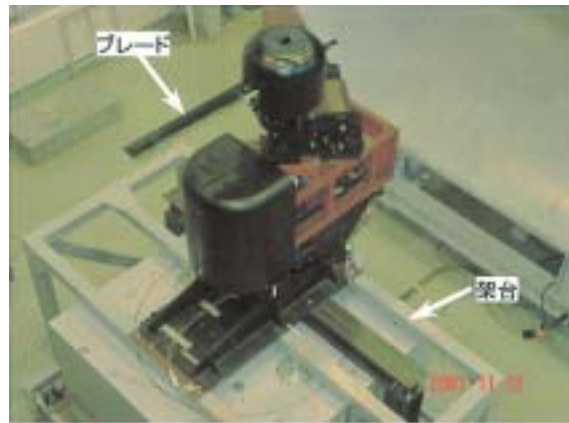


図3 AFC 機構



図4 ロータ装置設置外観写真

面内の延長線上に 1 本を設置した(図 5)。BVI 条件として、風洞吹き出し口に設置した渦発生翼から発生する渦とブレードの干渉(強制 BVI)、渦発生翼は使わずブレード自身が発生する渦との干渉(自身 BVI)の 2 つの条件について実験を行った。強制 BVI の試験においては、ブレード自身の渦は発生しないようにブレード・ピッチ角を 0° とし、自身 BVI の試験では 5° に設定した。実験ではまず基準となる HHC/AFC Off のデータを計測し、その後、強制 BVI 条件における HHC 試験、自身 BVI 条件における HHC 試験および AFC 試験を実施した。

HHC/AFC の駆動周波数はいずれも 20Hz ($2/\text{rev}$) で振幅は HHC が $\pm 2^\circ$ 、AFC が $\pm 15^\circ$ とし、位相を 45° 間隔で変化させ、音圧波形の変化を比較した。

4. 試験結果

強制 BVI 条件において HHC を行った時の音圧波形の変化を図 6 に示す。HHC Off の場合、BVI に起因するスパイク上の正のピークが確認できる(図 6(a))。2 つ見られるピークの内、2 つ目はマイク近傍の天花板からの反射音であると推測されるため、最初に現れるピーク値の増減でアクティブ・コントロールの効果を評価した。

HHC On の場合、位相を変えることによって騒音が低減するケース(図 6(b))と逆に増大するケース(図 6(c))が確認された。ブレード・ピッチ角の時歴データを調べた結果、渦とブ

レードが干渉する方位角 180° において、渦の誘導速度を打ち消す方向にピッチング運動をとる制御であれば騒音は低減し、助長する方向にピッチング運動をとる制御であれば騒音は増大する傾向にあることがわかった。

図 7 に自身 BVI について HHC の効果を確認した結果を示す。強制 BVI では方位角 180° において BVI が発生するが、自身 BVI の場合、ロータ面の後方で BVI が発生する。本試験におけるマイク位置では後退側の BVI を捉えることになるため、音圧波形では負のピークが確認できる(図 7(a))。強制 BVI 条件の場合と同様に騒音最小/最大のケースが確認されたが、音圧波形の変化は比較的小さい(図 7(b) \& (c))。

図 8 に自身 BVI について AFC の効果を確認した結果を示す。フラップの舵角は騒音最小ケースについて HHC と比較すると AFC の騒音低減効果が高いことが見てとれる(図 8(b))。

5. まとめ

本試験により得られた結果を以下にまとめる。

- ・強制 BVI および自身 BVI 条件において、 $2/\text{rev}$ の HHC (振幅 $\pm 2^\circ$) を行い、位相制御によって騒音が最小/最大となるケースを確認した。
- ・自身 BVI 条件において、 $2/\text{rev}$ の AFC (振幅 $\pm 15^\circ$) を行い、位相制御によって騒音が最小/最大となるケースを確認した。自身 BVI に限れば、HHC よりも AFC の方が騒音低減効果が高かった。

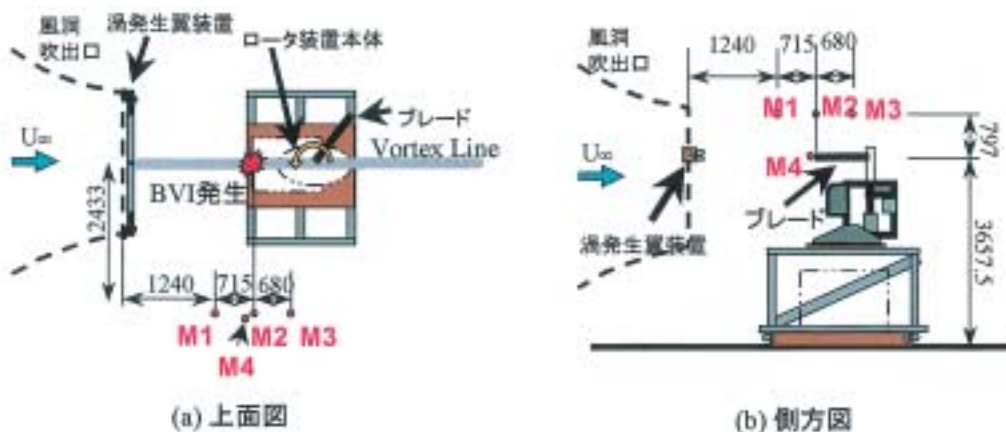


図 5 マイクロフォン設置位置

・CFDをベースとした騒音解析プログラムの検証用データを得ることができた。

参考文献

- 1) 末永尚史、他、騒音低減を目指したアクティブ・スポイラ風洞試験、第65回風洞研究会議、2000

今後は本結果も含め、実用性の高いアクティブ・コントロールの検討を進めていく予定である。

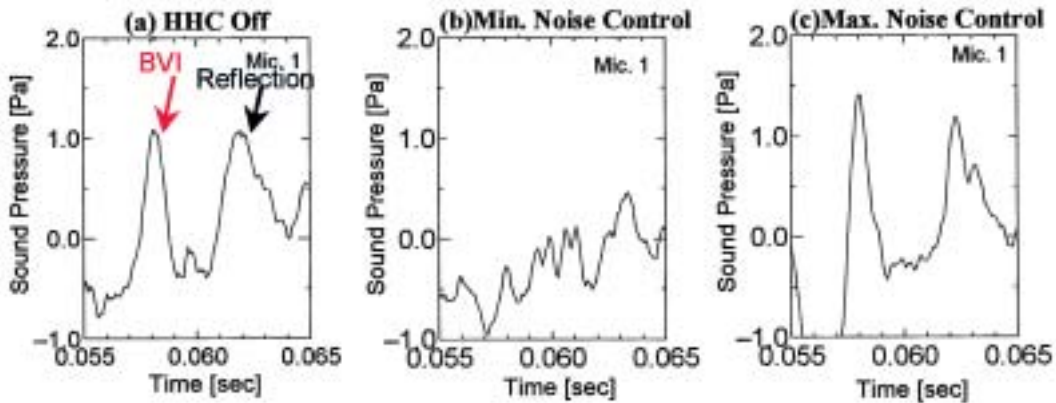


図6 HHCによる騒音低減効果(強制BVI: $V = 30\text{m/s}$ 、 $\omega = 600\text{rpm}$)

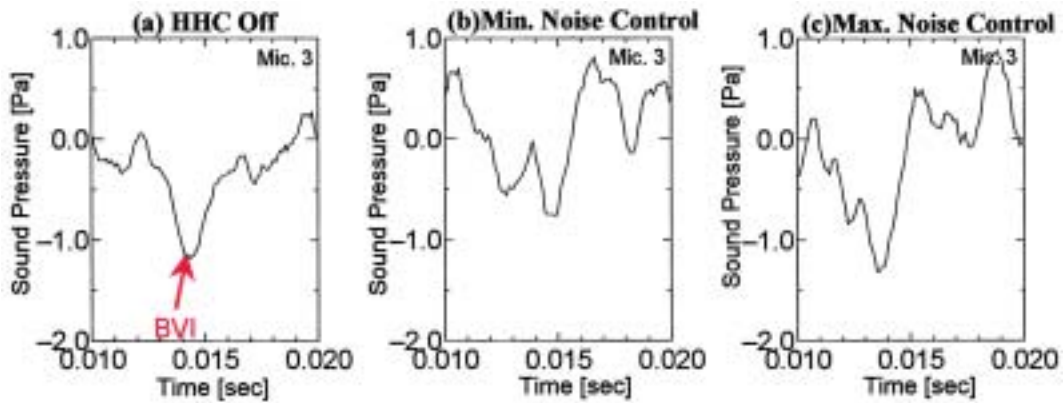


図7 HHCによる騒音低減効果(自身BVI: $V = 25\text{m/s}$ 、 $\omega = 600\text{rpm}$)

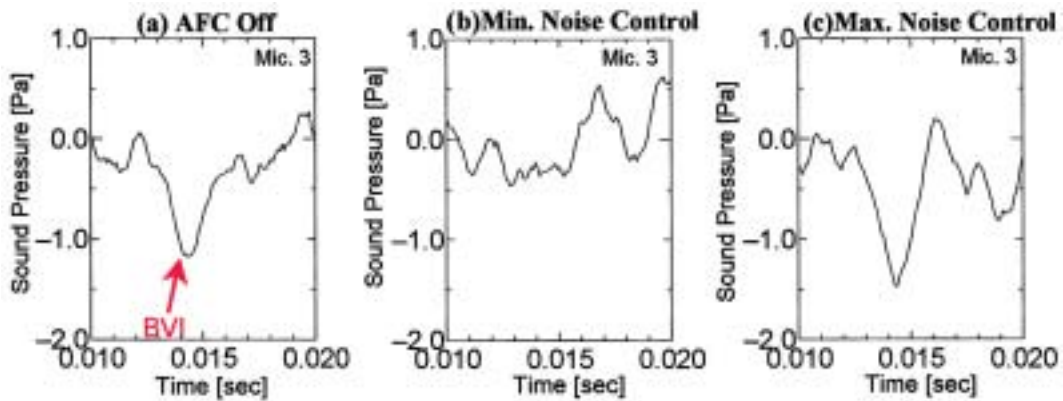


図8 AFCによる騒音低減効果(自身BVI: $V = 25\text{m/s}$ 、 $\omega = 600\text{rpm}$)