

7. ヘリコプタ騒音低減用アクティブ・デバイスの基礎試験

流体科学研究センター 回転翼空力グループ

齊藤茂、青山剛史、近藤夏樹、末永尚史、白井正孝

1. はじめに

ヘリコプタの機動性は、他の航空機と比べても比較にならないほど多様性に富んでいる。特に、空中静止や後進・横進など独特な飛行形態を実現できる。

このような特徴を持つヘリコプタは、今までに、災害救助、救急救難、救急医療、農薬散布、報道など国民生活と密着した様々な分野で活躍している。他方、ドア・ツウ・ドアを目指した定期コモータ機としての活躍は、様々な制約を受けて未だ実現していないというのが現状である。ここで言う制約とは、通常の固定翼機と異なり有視界飛行しか現状では飛行が許されていないことやヘリポート周辺での騒音問題であり、いわゆる安全性と環境適応性である。前者は、近年のGPSを用いたヘリコプタ特有の管制技術を駆使することで解決の糸口が開けてきている。しかし、騒音の問題は低騒音経路などパイロットの経験でなるべく騒音を下げると努力をしているものの、基本的には生産時の騒音レベルを保ったままのものである。今後、IACO等で検討されている騒音規制の動向を考えるに、新しい機体としてのヘリコプタは設計段階から低騒音化を考慮に入れた配慮がなされなければならなくなっている。

このような状況において、航技研では「回転翼機の低騒音化技術研究」を推進し、騒音発生機構の解明とそれに基づく低騒音化技術の実証を念頭とした研究を進めている。今までの研究及び世界の動向を考えるに、ブレードの翼型や平面形を工夫することによる低騒音化には限界があり、ブレード上に新たにデバイスを装着した低騒音化技術の実現が必須となっている。この例として挙げられるのは、(1)ブレード高調

波制御(Higher Harmonic Control)、(2)個別ブレード制御(Individual Blade Control)が挙げられる。HHCは、元々振動軽減に適用されてきたものであるが、近年の研究において騒音低減にも対応できることが解ってきた。IBCも基本的にはHHCの役割を持つものであるが、振動軽減においてはスウッシュプレートの概念を取り扱うことから安全性についての課題がある。IBCの概念に含まれるものとして、ブレードにデバイスを組み込みブレード上の揚力(循環)分布を制御する方法が近年提案されている。例として(1)Active Flap、(2)Tip Blowing、(3)Active Spoiler、(4)Active Canard等がある。いずれも、HHC又はIBCと同様な制御を行えるが、従来のスウッシュプレートの概念の上で実現できるため安全性については故障による不具合の発生についてである。本報告では、航技研において行ってきたヘリコプタ低騒音用アクティブ・デバイスについてのべ、今後の発展について概略する。

2. 航技研における研究

航技研では、以前から回転翼機の研究を推進し特に平成8年度より特別研究として大型低速風洞において高速回転翼試験装置の整備を行ってきた。回転翼機の空気力学解析[1]では、以前から運動量理論、局所運動量理論(LMT)、局所循環法(LCM)、オイラー方程式、ナビエ・ストークス方程式を用いた数値流体解析法(CFD)[図1]と順を追って解析コードの開発、発展及び検証を行い理論的な研究を続けてきており、高速回転翼試験装置[図2]及び平成11年度の飛行実験機(MH2000)の導入[図3]により、理論的な研究から風洞試験や飛行試験に

至る一連の研究設備の充実が図られてきた。

図 4 は、CFD技術を用いた回転翼空力解析技術と空力音響解析技術の変遷を描いたものである。平成 6 年度より開始したコンピュータヘリコプタ先進技術研究所(ATIC)との共同研究によりヘリコプタの衝撃騒音解析技術の確立を図った。現在では、高速衝撃(HSI)騒音解析、ブレード/渦干渉(BVI)騒音解析コードがほぼ確立された。コードの検証は、初期の頃は、海外の風洞試験データを主に用いたが、ATICが行ったDNWでの風洞試験結果や航技研独自のデータが最近では使われている。

3. 低騒音化に応用できる技術

ヘリコプタの設計製造においては、振動軽減が乗り心地の面で重要視されてきた。そのため技術は、HHC、IBCなどがある。ともにブレードに高調波を重調させて翼面上の荷重分布(循環分布)を変化させ振動をを押しさえようとしたものである。この技術は、騒音軽減にも適応できる可能性があることが最近わかってきた。例えば、IBCの一種であるアクティブ・フラップ、アクティブ・スポイラなどは荷重分布の変化によりブレードの弾性変化をコントロールし翼端渦の発生位置を変化させる。このことによって、いわゆる上半角(または下半角)の効果と同じ結果を生ませることができる。これとは別に翼端渦そのものを変化させようとする技術が、翼端ジェットやカナード付き翼端である。これらは翼端渦のコアサイズや強さを変化させ様とするものである。いずれの技術も今後の研究成果が待たれるものである。(図 5 参照)

4. フロンティア研究

航技研は現在第 1 期中期計画を推進しているところであるが、平成17年度以降、新たな中期計画を策定して研究を含む業務を推進してゆく計画であるが、その際、航技研として時期プロジェクトを策定する目的で、今年度フロンティア研究の選考があった。その中で 1 つの候補と

して「回転翼機の低騒音化技術に関する研究」が選択された。H13及びH14年度において、概念検討を行うこととなっている。このフロンティア研究の選考結果は、次期中期計画の中で実行するプロジェクトのあくまで候補であって、社会ニーズや効果、インパクト等の検討が行われた後、技術実証へと進む手筈となっている。ここでは、上記の研究課題について触れたいと思う。

回転翼機特にヘリコプタの騒音課題は、先にも述べたように活動範囲の広がりとともに緊急かつ重要な課題として挙げられるようになってきた。特に兵庫地震など大災害におけるヘリコプタの活用や救急医療などの思考などを通して認知されるようになって、その重要性はますます大きくなってきている。このような状況に於いて、ヘリコプタの低騒音化技術の飛行実証は、世界に先駆けて我が国が行うまたとない機会でもある。航技研は先にも述べたように理論解析技術、風洞試験装置、飛行実験機を有しておりその人を十分に果たせる準備が整っている。かような技術実証の機会を航技研は持てるように多方面の方々に協力をお願いする次第です。

この飛行実証を行うための準備段階として、現在図 6 に示すような研究体制を考えている。初期の段階では、流体科学研究センター、CFD 技術開発センター、風洞技術開発センターが中心となって、ヘリコプタ機外騒音低減化技術の見極め及び試験データの提供等を行い、実証すべきアクティブ・デバイスの選定を行う。しかる後に、無人のヘリコプタを用いて飛行実証を行う、平行して実機レベルの飛行試験を推進して、最終的に有人ヘリコプタにおいて飛行実証する。現在考えている飛行実証技術は、将来実用化へと結びつけなければ益がない。そこで、飛行実証においては、安全性が高いことはもちろんのこと(1)機構・操作が簡単であること、(2)安価に製作が可能なこと、(3)耐久性の優れたもの、を念頭に設計製作が行われなければならない。図 6 は、本研究が目指す目標を掲げ

であるが、この目標を達成する段階において、翼型及び翼端形状等を改良する技術また飛行形態による騒音低減化技術の構築も念頭に入れている。むしろこれらの技術は、現在の運用に即応用できるものでありその効果は大きいものがある。

5. 航技研における低騒音化技術

航技研では、今まで提案されてきたヘリコプタの低騒音化技術について概略する。ヘリコプタの騒音のうち、ブレード上の循環を制御する手法に注目している。特に、アクティブ・フラップ(AF)やアクティブ・スポイラ(AS)は、翼面上の揚力を制御して結果としてブレードの弾性変形を引き起こし翼端渦の軌跡を帰ることで騒音制御を可能とする。今後は、解析的に騒音低減効果を確認し、風洞試験によって実証することを考えている。

6. 参考文献

- [1] 齊藤茂、青山剛史：ヘリコプタの機外騒音解析研究の現状、日本航空宇宙学会誌、8月号、2001年。
- [2] 齊藤茂 他：騒音低減を目指したアクティブスポイラの空力特性、第38回飛行機シンポジウム、10月、2000年。
- [3] Aoyama et al: Fundamental Analysis of Passive and Active Techniques for BVI Noise Reduction by Euler/Kirchhoff Method, 57th Annual Forum of American Helicopter Society, May, 12, 2000.

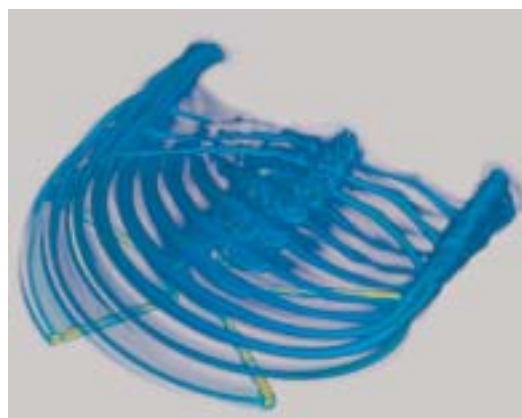


図1 CFD技術を用いた解析技術



図2 高速回転翼試験装置の概要



図3 回転翼飛行実験機

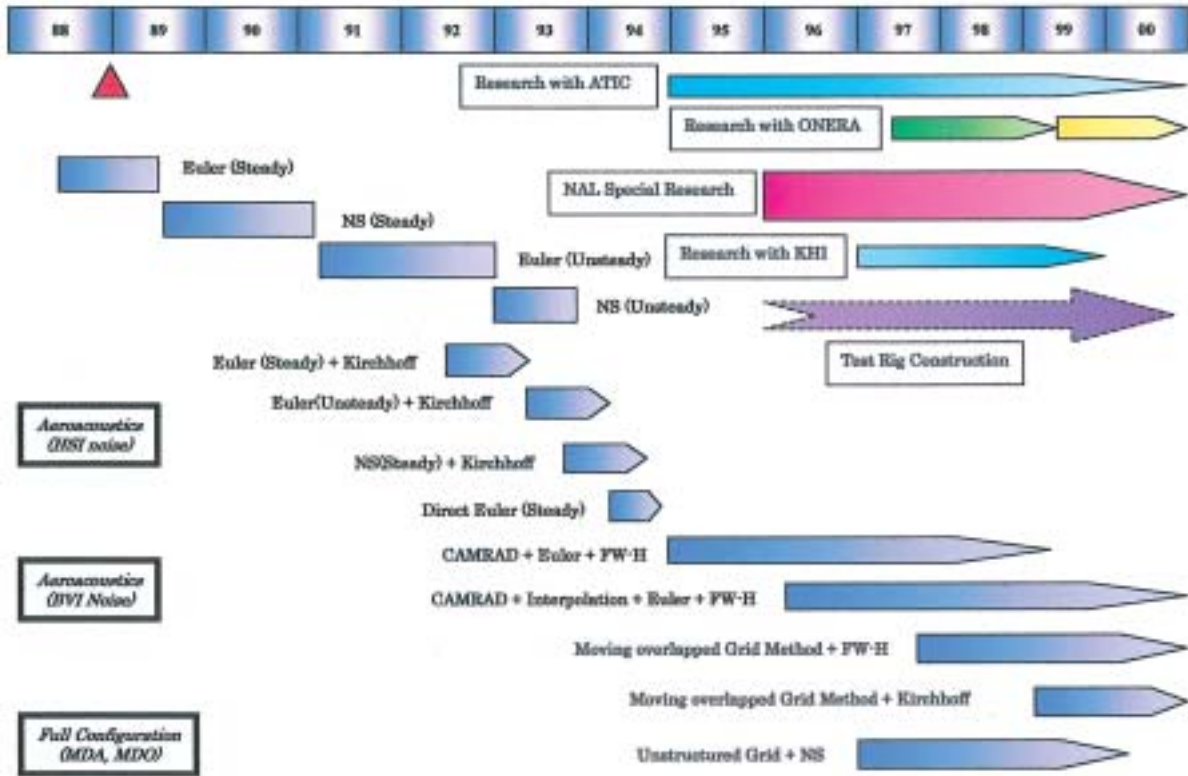


図4 航技研における空力解析技術及び空力音響解析技術の変遷

- 翼端渦の強さ、コア径(Core Size)
 - Lateral Jet Blowing
 - 翼端形状(テーパ翼端、カナード翼端)
- 翼端渦とブレードとの垂直距離(Miss-Distance)
 - Higher Harmonic Control(HHC),
 - Individual Blade Control(IBC)
 - Active Flap, Active Spoiler
 - 翼端形状(上・下反角)
- 翼端渦とブレードとの交差角(Intersection Angle)
 - 翼端形状(後退角)
- 空力干渉時の循環(圧力)制御
 - Active Flap, Active Spoiler, Lateral Jet Blowing

図5 BVI騒音のパラメータと騒音低減技術



図6 フロンティア研究の推進体制