

SH-60K哨戒ヘリコプタの開発

Development Of SH-60K Patrol Helicopter



山下 尚之*1
Takayuki Yamashita

矢崎 忠*2
Tadashi Yazaki

福川 慎一*3
Shinichi Fukugawa

松田 剛*3
Takeshi Matsuda

佐藤 隆*4
Takashi Sato

SH-60Kは、現在運用中のSH-60J対潜ヘリコプタの後継機として開発した新哨戒ヘリコプタであり、護衛艦に搭載され艦と一体となった対潜戦、対水上戦、警戒・監視及び輸送・救難等多様な任務を遂行する。このため、最新技術を駆使して、世界でも最先端の機能・性能を有するメインロータブレード、アビオニクスシステム及び着艦誘導支援装置等を開発した。平成9年～14年に試作開発を行った後、官側で技術／実用試験が行われ、量産初号機をこの8月10日に海上自衛隊に納入した。

1. はじめに

当社は、世界情勢の複雑化、安全性へのより高いニーズ等に基づき、海上自衛隊ヘリコプタ任務の多用途化・高性能化を図るため、現在運用中のSH-60J対潜ヘリコプタをベースに、表1に示す大日程に従って、新哨戒ヘリコプタSH-60Kを開発した。平成9年から試作開発を開始し、平成14年6月に試作機2機を防衛庁に納入した後、官側の試験である技術／実用試験が行われ、平成17年3月に部隊使用承認を取得した。量産機は、平成14年以降16年までに累計21機を受注し本年8月10日に量産初号機を納入した。

2. SH-60Kの特徴

SH-60Jからの改善点は多数あるが、特徴的なものは、新型のメインロータブレード、アビオニクスシステム及び着艦誘導支援装置があげられる。

新型のメインロータブレードは、全複合材製で、翼端に上下反角を持つ独特な形状となっており、ホバリング性能を向上させている。

アビオニクスシステムは、戦術情報処理表示装置(AHCDS: Advanced Helicopter Combat Direction

System)によって統合管理している。またAHCDSは、エキスパートシステムの採用により最適な戦術プランをパイロットに提供することができる。さらに、複数の僚機間で戦術情報を交換する機能を有している。着艦誘導支援装置は、特に夜間狭視界時に操縦負荷を軽減するため、自動的に母艦への誘導及び着艦を行う。これらは、いずれも世界でも最先端の機能／性能を有する。

その他、キャビン空間の拡大(SH-60Jと比べ、長さで30cm、高さで15cm拡大)、多機能型フライトデータレコーダ(FDR: Flight Data Recorder)、映像伝送システムの追加装備を行っている。

以下、SH-60Kの特徴的な装備品として、メインロータブレード、アビオニクスシステム、着艦誘導支援装置を概説するとともに、社内試験の状況を紹介する。

3. メインロータブレード

SH-60Kのメインロータブレードは、ロータ直径を母機であるSH-60Jから大きくすることなく、最大設計重量をSH-60Jの21 884 lbsから24 000 lbsへ増大することを可能とするために、ホバリング飛行時の空力特性に優れた上下反角及び後退角付きの翼端形状を有するメインロータブレードを採用した。メインロータブレードの外形を図1に示す。

メインロータブレードは、上述した複雑な外形形状、低振動設計のための最適な剛性／重量分布、重量及び製造コスト低減等を実現させるために、複合材料を多用した。メインロータブレードの構造概要を図2に示す。ブレード取付け部は、重量軽減、成形／加工性の容易化及びブレード着脱の容易化(2本のスリーブによるブレード取付け)のために、スパーキャップをラグ穴周りに巻きつけるラップアラウンドラグ方式を

表1 試作開発／量産工事日程

9-13年度	14年度	15年度	16年度	17年度	18年度	19年度
	▼試作機(2機)納入(H14.6.24)					
試作開発				▼部隊使用承認(H17.3.31)		
	技術／実用試験					
				▼量産初号機初飛行(H17.3.25)		
				▼量産初号機納入(H17.8.10)		
		量産14年度契約(7機)				
			量産15年度契約(7機)			
				量産16年度契約(7機)		

*1 名古屋航空宇宙システム製作所ヘリコプタ技術部首席プロジェクト統括

*2 名古屋航空宇宙システム製作所ヘリコプタ技術部 構造設計課

*3 名古屋航空宇宙システム製作所ヘリコプタ技術部電子装備設計課

*4 三菱エンジニアリング(株)電技総括部航空電装設計室室長

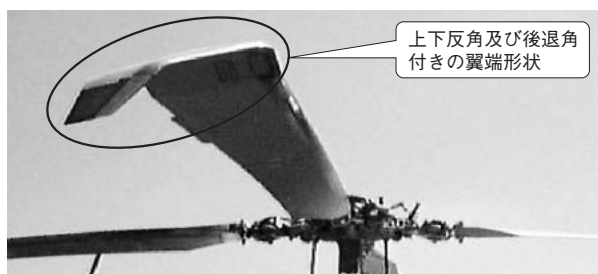


図1 メインロータブレードの外形

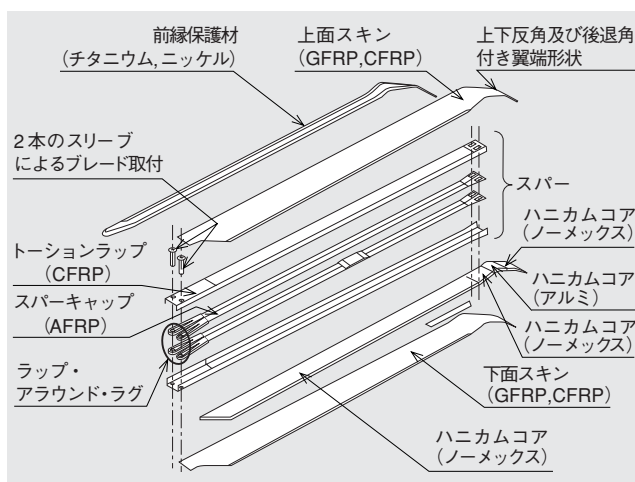


図2 メインロータブレードの構造概要

採用した。スパーキャップは主に遠心力及び曲げ荷重を受け持つ部材であり、歪疲労強度に優れたアラミド繊維複合材 (AFRP) を用いた。トーションラップは主にねじり荷重を受け持つ部材であり、高いねじり剛性を確保するために、高いせん断弾性率を有する高強度炭素繊維複合材 (CFRP) を用いた。スキンは荷重分担を低減させるために、比較的低い弾性率を有し安価な高強度ガラス繊維複合材 (GFRP) を主に用いた。ハニカムコアは軽量のノーマックスコアを主に用いたが、上下反角がありキンクしているブレード翼端部の一部には局所的な面外荷重が発生するため、高強度アルミコアを用いた。

メインロータブレードの開発及び強度保証（静／疲労強度）は、材料基礎試験、構造要素試験、部分構造試験及び実大構造試験の各種試験を行いながらステップアップしていく Building Block 方式により行った。その他の実証試験としては、実大供試体を用いた耐雷試験、耐弾性試験及び回転試験（ワール試験）を実施し、所定の耐久性、性能及び機能を有することを確認した。

4. アビオニクスシステム

(1) システム構築方針

アビオニクスシステムは、次の段階的方針に基づ

き、計器系統、飛行制御系統、AHCDSの3段階で構成した。

(a) 計器系統

計器表示に必要な装置を二重冗長系とし、機体信号取得、表示系統の冗長性を確保した。

(b) 飛行制御系統

二重化した装備品で取得した機体信号を基に飛行制御を行うとともに、本系統のみでも通信、航法系統の制御を可能とした。

(c) AHCDS

AHCDSはこれら飛行に必要な基本機能のもとで、任務装備品を統合するとともに、上記の各系統とも接続した構成とした。

(2) データバス方式

AHCDSと接続する各種装備品間の所要データ転送量は、1.2 Mbps程度と見積もられた。一方、各種装備品は既存品あるいは一部改修品であり、汎用性のあるインターフェースとして、軍用航空機で多数実績のある MIL-STD-1553B インターフェースを採用した。

(3) データバス接続形態

(a) 各種装備品の接続形態

システムバスへの各種装備品の接続形態については、幾つかの形態を比較検討した結果、故障が発生した場合のシステムの信頼度やデータ転送負荷に優れるため、図3のように全体を2系統に分け、相互につながりのある系統をシステムバスから独立させた階層構造型を採用することとした。

さらに、各種装備品の具体的なバス配置については、次の考え方にに基づき設定した。

- 飛行安全上重要な装備品：分散配置又は両バスに接続
- 相互にデータ交換する装備品：同系統バスに配置
- 特定の装備品間でのみ高負荷の通信を行う装備品：ローカルバスに分散配置
- 上記のいずれにも該当しない装備品：2系統のシステムバスのデータ転送負荷平準化の観点から、接続バスを設定

最終的に設定したアビオニクスシステムのバス接続形態を、図3示す。

5. 着艦誘導支援装置

着艦誘導支援装置は、夜間及び荒天時の着艦誘導時、搭乗員のワークロードを軽減し、着艦誘導を安全に遂行することを目的とし、母艦へのアプローチから飛行甲板上への自動進入／ホバリング／着艦を自動で行う

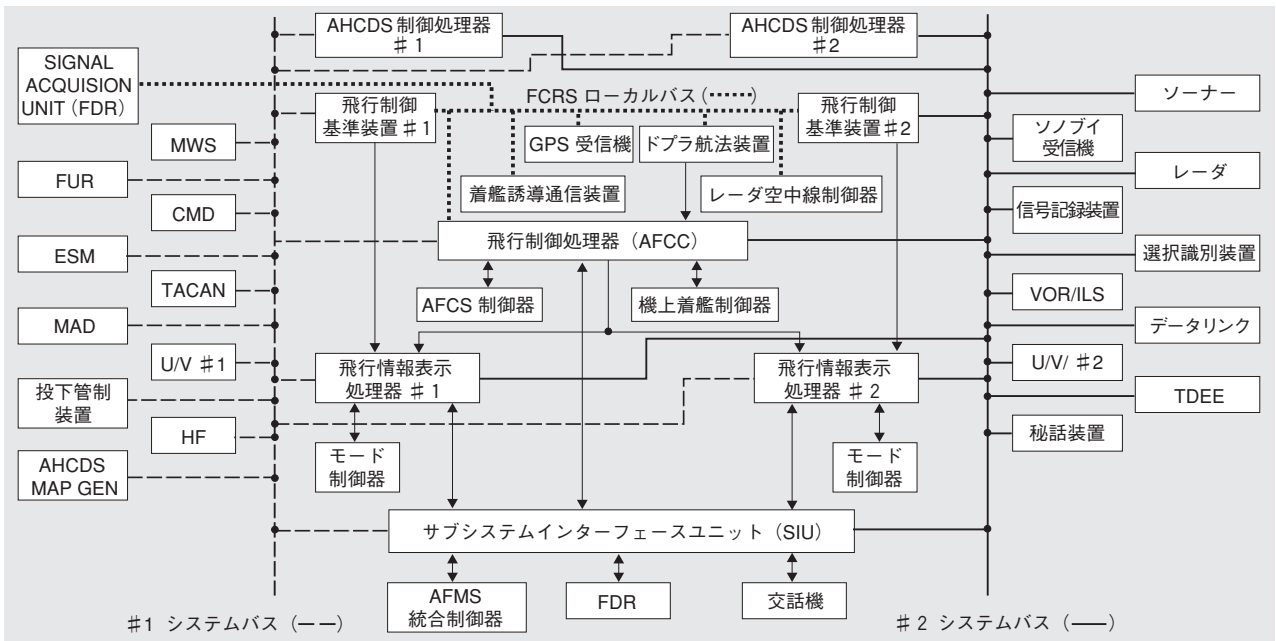


図3 アビオニクスシステム接続図

機能を有する。

着艦誘導支援装置は、SH-60K及び護衛艦に専用の装置を装備することにより機能を実現する。

着艦誘導支援装置の機器構成を図4に示す。

(1) 母艦へのアプローチ

母艦へのアプローチフェーズでは、機体及び母艦の速度から予め算出した飛行コースに沿って自動飛行を行う。飛行制御に使用する母艦と機体との相対位置データを計測する装置にはDGPS (Differential GPS)を採用することにより、精度良く相対位置を計測し、安全にアプローチすることを可能とした。

(2) 飛行甲板上への自動進入～自動着艦

飛行甲板上への自動進入以降のフェーズでは、艦上構造物に接近することから、飛行制御に使用する相対位置に対し高い計測精度が要求されるため、艦上に設置したレーザと赤外線を用いた着艦誘導センサを使用して計測することとした。

着艦誘導センサは、機体に取り付けたリフレクタ／追尾用マーカのマーカ部を赤外線カメラで追尾することにより、着艦誘導センサから発するレーザ光線をリフレクタ部に照射し、反射光を受光して相対距離を計測する(図5)。相対距離は機上に送信され、相対位置データの計算に使用される。

飛行甲板上での自動ホバリングでは、相対位置データから着艦用艦姿勢センサで計測した艦動揺量を差し引いた“空間上の固定点”に対して制御を行うことにより、艦の動揺に影響されない安定したホバリングを実現した。また、艦上構造物による乱流等の外乱に対して、SAS (Stability Augu-

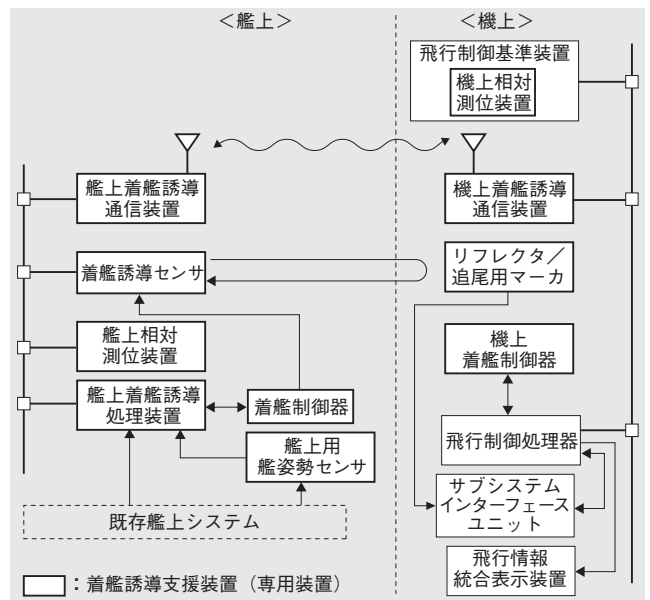


図4 着艦誘導支援装置機器構成図

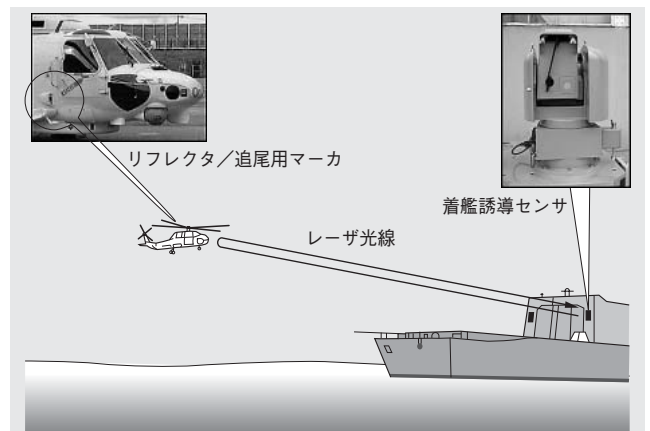


図5 着艦誘導センサによる相対位置計測

mentation System：安定性増大装置）のアクチュエータに相対位置／速度保持制御コマンドを積極的に出力することによりホバリング精度を向上させた結果、最終的には世界初となる有人ヘリコプタの自動着艦に成功することができた。

6. 社内試験状況

SH-60Kの試作段階の中で、全機レベルの試験として、システム統合試験、全機地上試験及び社内飛行試験を実施した。

(1) システム統合試験

システム統合試験は、アビオニクスシステムを統合するAHCDSとその他の電子装備品、及びSH-60Kと護衛艦搭載装備品との間の接続を確認するため実施した。本試験は、当社名航小牧南工場内に実機を模擬した試験設備を設置し、電子装備品を実機上の配置に合わせて装備し、更に艦側装備品及び僚機（模擬機）を、有線にてデータリンク結合させ実施した。

本試験により、実機搭載前の早期に不適合／要改善事項に対処することができた。また、本試験設備は、社内飛行試験等で判明した不適合の探求及び対策確認に使用され、極めて有効な開発ツールとなった。

(2) 全機地上試験

全機地上試験は、社内飛行試験に先立ち実施する試験で、実機装備状態での装備品の機能／性能、電磁適合性、電波機器の送受信にかかわる機能、及び操作性／視認性等の確認を主体に実施した。

(3) 社内飛行試験

社内飛行試験は、試作機納入後に防衛庁で実施される技術／実用試験（平成14年6月～平成17年3月の間実施）に移行できる見通しを得るために、機体の基本的飛行性能／特性及び搭載装備品の基本的機能の確認を目的として、2機の試作機を使用し、次のステップで実施した。

(a) 基本機能確認試験

飛行領域を拡大しつつ、初期段階で基本的な耐空性確認を行い、次段階の詳細機能確認試験へ移行できることを確認

(b) 詳細機能確認試験

飛行性能、飛行特性、飛行応力／振動、騒音、電磁適合性の確認及び空調系統、自動飛行制御系統、アビオニクスシステム系統の機能を確認

平成13年8月9日の初飛行以降、基本機能確認試験では、テレメータシステムにより、飛行諸元、応力／振動等を地上でリアルタイムモニタシ

ながら、飛行安全を確認しつつ、ステップアップ的に高度、速度、機体重量等の飛行領域を拡大した。並行して実施した自動飛行制御系統及びアビオニクスシステム系統等の機能試験は、確認された飛行領域内で実施して行った。

飛行性能、飛行特性の飛行試験結果、及びメインロータブレードの飛行荷重、ロータ特性の影響を直接受けるダイナミックコンポーネントの飛行荷重、機体振動は、いずれもほぼ設計通りであることが確認された。また、AHCDS、着艦誘導支援装置、ソーナ一等装備品の機能も、問題無いことが確認された。

試作段階での社内飛行試験は、平成13年8月から平成14年5月の間に実施され、試作機2機で合計約456飛行時間に及び、計画通り終了した。

(4) 量産段階の社内試験

量産段階では、多機能型フライトデータレコーダ及び映像伝送システム等量産段階で追加／変更された系統を中心に、試作段階と同様、システム統合試験、全機地上試験、社内飛行試験を実施した。社内飛行試験では、平成17年3月25日の初飛行から試験が終了した7月まで、量産機2機を使用して合計約186飛行時間の試験を実施し、良好な結果を得て計画通り終了した。

7. ま と め

SH-60K量産機は、この8月10日に海上自衛隊に納入したばかりである。試作開発の立ち上がりから9年をかけたとはいえ、実運用においては新人であり、初期故障はもとより、各種の運用の中で発生する改善事象に対処していく必要がある。

また、今後十数年にわたって活用される機体であり、より信頼性が高く、使い勝手の良いものに改善していくのは勿論のこと、世界情勢／技術動向等を視野に入れた新たな提案も行っていく予定である。



山下尚之



矢崎忠



福川慎一



松田剛



佐藤隆