

航空宇宙システム分野における 製品・技術展開

見玉 直樹

理事 航空宇宙システムカンパニー 技術本部長



まえがき

当社の航空機部門は戦前の1919年に発足し、その後の航空機の進歩に伴い防衛／民間分野双方で発展するとともに、誘導機や宇宙分野にも進出して規模を拡大してきた。

近年、航空宇宙システムカンパニーの防衛航空機事業は、開発機体の量産時期に入り、今後も安定的な事業運営を目指していく。民需航空機事業においては、新興国の経済成長を背景とした世界的な航空旅客・貨物輸送量の中長期にわたる拡大に伴い、当カンパニーの関連事業も大きく成長すると見込んでいる。このような状況の下、既存事業の延長分野に加えて新たな事業分野へチャレンジすることにより、さらなる発展を目指している。

1 航空宇宙システムカンパニーの特徴

当カンパニーは、「日本の航空宇宙業界におけるリーディングカンパニーとして、品質、コスト、納期における国際競争力を有する航空機メーカー」を経営目標に掲げ、航空宇宙関連事業を幅広く展開している。また顧客や市場から高く評価されている技術力を強化し、提供するサービスについて国際競争に耐えうる品質・コスト・スピードをさらに追及している。

2018年4月には組織変更を行い、航空機、誘導機、宇宙機などに加え、航空エンジンも扱う航空宇宙システムメーカーとして新たな体制となった。機体とエンジンそれぞれの技術やノウハウを融合させ、より高いレベルのシステムインテグレーション能力を発揮し新たな価値を提供することを目指している。

2 各事業分野の主要製品概要

(1) 防衛固定翼機分野

当社は、これまで中等練習機「T-4」や固定翼哨戒機「P-3C」をはじめ、さまざまな機種の開発・製造で主要な役割を果たしてきた。我が国における30年ぶりの国産大型機開発プロジェクトの主契約会社として、固定翼哨戒機「P-1」と輸送機「C-2」の開発を完遂し、現在は量産機の

製造を行っている。

「P-1」は、機体・エンジン・搭載アビオニクスของすべてを哨戒任務専用に新規設計した世界的にも希少な航空機で、実用機として世界初となるフライ・バイ・ライト操縦システムなどの新技術の適用により、低高度から高高度また低速から高速までの幅広い運用が可能である。2012年度に開発を完了して以降、海上自衛隊へ量産機を順次納入しており、現有機「P-3C」に代わって我が国周辺の海洋安全保障任務を担っていく。

「C-2」は、日本で開発された航空機として最大の機体で、現有機「C-1」に比べて約3倍の機体規模を誇るとともに、最新の搭載・しゃ下システムにより人員・車両・パレット貨物などの多様な輸送任務に対応できる航空機である。2016年度に開発を完了して以降、航空自衛隊へ量産機を順次納入しており、「C-1」に代わって国際平和協力活動などを含む航空輸送任務を担っていく。

これら2機種の大機について、今後も主力製品として量産事業を着実に推進するとともに、能力向上および派生型機事業への発展を目指している。また、「P-1」(図1)は2017年6月のパリ国際航空宇宙ショー、「C-2」(図2)は同年11月のドバイ航空ショーにおいて、それぞれ地上展示が行われた。このような展示などを通して、国際的にも両機種への関心が高まっている。

当社が主契約会社として開発した中等練習機「T-4」(図3)



図1 固定翼哨戒機「P-1」の海外地上展示



図2 輸送機「C-2」の海外地上展示



図4 「ボーイング787」シリーズ



図3 中等練習機「T-4」



図5 「ボーイング777X」

は、ブルーインパルスとしても活躍しているが、開発完了から既に30年以上経過している。今後は、搭載システムの近代化や後継機開発のための事業提案活動を推進していく。

(2) 民間固定翼機分野

民間固定翼機分野では、アメリカのボーイング社の広胴機「ボーイング767」(767) / 「ボーイング777」(777) / 「ボーイング787」(787) およびブラジルのエンブラエル社のリージョナル機「E170」 / 「E190」の国際共同開発プログラムに参画して、航空機インテグレータとしての総合的な技術力を活用することで、プログラムに貢献するとともに技術を蓄積してきた。特に「787」(図4)は従来の金属材料に代わって炭素繊維複合材を全面的に適用した革新的な旅客機であり、共同開発を通して担当部位の設計/製造技術を磨き世界有数の複合材胴体の製造企業としての地位を築いている。「787」ファミリーには基本型の「ボーイング787-8」のほか、胴体延長派生型である「ボーイング787-9」および「ボーイング787-10」が含まれる。

現在は「777」の後継機である「ボーイング777X」(777X)の開発にも参画している。「777X」(図5)は金属材料製胴体を持つ「777」の派生型ではあるが、「787」に適用し

た新技術を導入して乗客快適性を「787」と同等とするために全面革新された新世代の航空機である。基本型である「ボーイング777-9」については2020年の納入を目指して生産を開始しており、短胴・超長距離派生型の「ボーイング777-8」の開発も進めている。

「787」の製造においては、革新的な複合材構造を月産12機という広胴機では世界的にも前例のない高レート生産を、複合材の自動積層などの高度な自動化により実現した。2019年には「787」の生産レートは月産14機にまで引き上げられる予定である。「777X」の製造においても、社内で最新ロボットシステムを開発して一層の自動化を推進する新工場を建設し、稼働を開始している。従来機種が生産で培ってきた生産効率を高めるための独自の生産方式であるKPS(Kawasaki Production System)との融合により高品質かつ効率的な生産を行うほか、将来のスマートファクトリー化に向けてICT / IoTなどのインフラ整備に取り組んでいる。

このような取り組みにより、品質・コスト・納期における国際競争力にさらに磨きをかけ、将来民間機の国際共同開発などの新規事業への参画を図る。

(3) ヘリコプター分野

当社は、戦後まもなくヘリコプターのライセンス生産を手がけ、製造・修理を通して技術蓄積を図りながら、独自

開発に向けた社内研究を進めてきた。これまでに、民間用としてはドイツのエアバス・ヘリコプターズ社と「BK117」を国際共同開発し、防衛用としては陸上自衛隊の観測ヘリコプター「OH-1」を国産開発している。

「OH-1」は、複合材製ローター・ハブなどによる高い運動能力が特長である。初飛行から20年以上が経過しており、任務遂行能力向上のための搭載電子機器近代化などの研究や提案活動を推進している。

陸上自衛隊および航空自衛隊で運用されている大型輸送ヘリコプター「CH-47」（図6）は、物資／人員輸送、空中消火などの災害救助や国際緊急援助活動においても活躍している。ボーイング社とのライセンス契約に基づき、任務に応じた能力向上を行いながら継続して製造している。

海上自衛隊の掃海・輸送ヘリコプターである「MCH-101」は、イタリアとイギリスの共同開発であるレオナルド・ヘリコプターズ社の「AW101」をライセンス製造した機体に、掃海などの独自開発したシステムを装備している。多様機ヘリコプター「CH-101」は、「MCH-101」の姉妹機であり、南極で活躍する砕氷艦しらせに搭載され物資輸送や観測隊の支援を実施している。

防衛用ヘリコプター事業では、新たな任務遂行のための派生型機などを提案している。また、効率的な運用を支援するため、運用実績の分析と予測に基づく補給品の在庫保証や可動率保証など包括的な後方支援契約も始めている。

民間ヘリコプター「BK117」は、1982年に最初の型式証明を取得して以来、世界中に1,400機以上を販売しているベストセラー機である。民間企業や自治体などで運用され、人員輸送、消防、防災、警察、救急医療（ドクターヘリ）、報道など幅広い分野で活躍し高い評価を得ている。また、派生型機の開発を継続的に実施しており、最新モデルとなる「H145//BK117 D-2型」（図7）を2016年に販売開始している。当社は現在、民間ヘリコプターの完成機を製造・販売する国内唯一のメーカーであり、厳しい環境下での救



出典：防衛省

図6 消火活動中の大型輸送ヘリコプター「CH-47」



図7 「H145//BK117 D-2型」

難任務における安全性向上の研究などの新規技術開発にも取り組んでいる。

(4) 防衛システム分野

当社は、我が国すべての対戦車および対上陸用舟艇誘導弾を開発してきた。最新の中距離多目的誘導弾は、「79式対舟艇対戦車誘導弾」（重MAT）および「87式対戦車誘導弾」（中MAT）の後継として開発を完了し、現在は量産段階にあり陸上自衛隊に順次納入している。この誘導弾においては、赤外線画像とミリ波レーダからの情報を用いた目標検知などの最新技術を導入している。さらに、将来ネットワーク型多目的誘導弾システムの研究試作も2012年度に完遂しており、人工知能（AI）技術を活用した赤外線目標識別技術やネットワーク情報を活用してシステムの最適運用を実現するネットワーク化技術などの蓄積に取り組んでいる。

誘導弾で培った誘導・制御技術を応用して自律型の小型標的機も開発した。この標的機は、航空自衛隊戦闘機の射撃訓練に活用される「空対空用小型標的」として採用され、従来の約1/4となる低コスト化を実現して訓練機会の増加に貢献している。さらに、陸上自衛隊の対空射撃訓練に対応する改修も行い、2018年度から納入を開始する予定である。この標的機は当社が開発した汎用性が高い小型ターボジェットエンジン「KJ14」を搭載しており、さらなる用途拡大を目指した派生型の提案活動も推進している。

また、将来の防衛任務のゲームチェンジャーとなり得る新技術として、高出力レーザーシステムの開発にも取り組んでいる。当社は長年、産業用として蓄積してきたヨウ素レーザー技術を基盤に防衛用途向けの研究開発を行ってきたが、将来の防空システムの装備化に向けて、小型化とともに瞬間対処性と低コスト性を実現可能とするファイバレーザーシステム（図8）の開発に取り組んでいる。

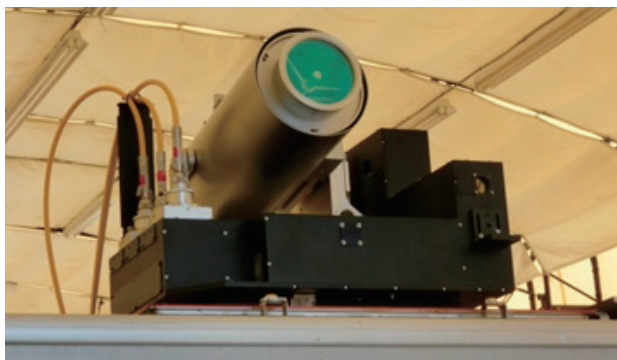


図8 高出力レーザーシステム (ファイバレーザーシステム)

(5) 宇宙分野

当社は、ロケットや宇宙ステーションなどのさまざまな分野において、我が国の宇宙開発に貢献してきた。ロケット先端部分の人工衛星を収納・保護するフェアリングについては国内唯一の開発・製造企業であり、「H-II A」/「H-II B」,「イプシロン」などのロケットや2020年に初号機を打ち上げ予定の「H3」ロケットにおいて、当該部位を担当している。国際宇宙ステーション日本実験棟「きぼう」では、宇宙飛行士が滞在する与圧部と宇宙空間をつなぐ出入口となる物資輸送用「エアロック」などの主要部位の開発と製造を担当した。エアロックは、宇宙空間で実験した試料の回収や小型衛星の放出などに頻繁に使用されている。現在は、周回軌道を漂い衝突事故が懸念されるスペースデブリ（宇宙ゴミ）を除去するための衛星（図9）およびその関連事業の実現に向けた研究開発などに注力しているほか、さまざまな衛星サブシステムの開発などを行っている。

(6) 航空エンジン分野

(i) 航空機用エンジン

航空機用エンジン事業は、戦時中の「ネ」シリーズのエンジン開発を起点とし、戦後、米軍機に搭載されていた欧

米メーカー製エンジンのオーバーホール開始を原点としている。現在では、自衛隊向けヘリコプター「UH-1」/「AH-1」用エンジン「T53」,「CH-47」用「T55」,「MCH-101」/「CH-101」用「RTM322」などの製造およびオーバーホールを数多く手掛けている。また、1980年代に開始された「エアバスA320」用エンジン「V2500」の5カ国共同開発事業にも部品の設計・製造において参画している。

民間大型機用エンジンでは、世界有数のメーカーであるイギリスのロールス・ロイス社と深い協業関係にあり、2004年から始まった「787」用エンジン「Trent 1000」の共同開発事業では初めてエンジンの主要モジュールの一つである中圧圧縮機IPC（Intermediate Pressure Compressor）の設計・製造・組立までを一貫して担当した。その後、「エアバスA350 XWB」用エンジン「Trent XWB」や「エアバスA330neo」用エンジン「Trent 7000」の開発においてもIPCモジュールを担当し、これまでの出荷台数は全機種合計で1,000台を超えている。

また、燃焼器については、年々厳しくなる環境規制に対応するべく、固有技術の一つとして低NO_x燃焼器の技術開発を長年にわたり継続しており、現在は次世代中型機エンジンへの適用を目指して技術開発に取り組んでいる。

自社開発エンジンでは、航空自衛隊ならびに陸上自衛隊向けである自律型の小型標的機に搭載されている「KJ14」のほか、現在は“小型・高出力”をコンセプトとした「KJ100」（図10）の開発に取り組んでおり、将来の高速標的機などに向け実用化を目指している。

(ii) 航空機用ギアボックス

航空機用ギアボックス製品として、ヘリコプター用トランスミッション、航空エンジン用アクセサリギアボックス、トラクションドライブCVT（無段変速機）を応用した航空機用一定周波数発電装置T-IDGなどの開発・製造と修理・オーバーホール事業を実施している。また、次世代航空機向け各種ギアボックス製品の技術開発や、航空エンジン用のファン駆動用ギアシステムの製造も開始している。



図9 デブリ除去衛星

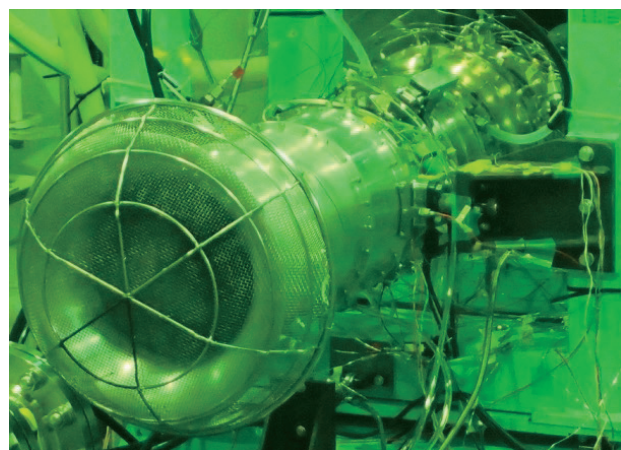


図10 試験中の「KJ100」エンジン

3 技術開発への取り組み

(1) 人工知能 (AI) 技術

当社は機体関連技術のみならず、「P-1」開発などで培ったミッション・アビオニクス（任務遂行用搭載電子システム）技術にも注力している。機上指揮官の意思決定を支援するためのAIを用いた戦術判断支援システム（図11）に係る研究試作も完了しており、運用における有効性が期待されている。この技術については、将来の近代化・派生機事業のコア技術とするのみならず、自律型無人機の任務行動計画・運航制御など多くの将来事業への展開も検討している。また、技術展開の迅速化を目的として、異なる計算機環境下でソフトウェアを作動可能とするために、アプリケーション・ソフトウェアの共用化の研究も推進している。

AIの実用性はますます進化しており、さまざまな産業分野への適用が加速している。当社においても意思決定・行動計画・判断を行う研究や航空機の開発・運用で蓄積したデータなどから故障予兆を検知する研究を推進しており、乗員支援や航空機の自律化範囲の拡大など将来製品への応用および展開を検討している。

(2) 航空機関連シミュレータ技術

保有している研究開発用シミュレータを活用して、新規航空機開発や社内研究において社内外パイロットにより飛行特性・計器の視認性・機器の操作性などを評価することで、実機が飛行する前のシステム設計検証を可能にしている。シミュレータでは、機体運動に加えて大気条件などの外部環境を精緻にモデル化するとともに操縦に関連する表示・操作端を忠実に模擬することで、パイロット評価による設計の見直しやシステム不具合の洗い出しを早期に実施することができる。

また、これまで培われてきたシミュレータ技術をベースに機体システム・視界・音響・動揺などの現実世界の模擬要素を付加することで、「P-1」や「C-2」、「MCH-101」な

どの操縦訓練シミュレータや整備訓練シミュレータを開発して製品として納入し、顧客における訓練の効率や効果の向上に寄与している。

さらに、将来の製品開発のため、航空機や艦船などが連携して行う複雑な任務に対応した訓練実現に向けて、実機や複数シミュレータと接続する高度なシミュレータ技術に関する研究を進めている。

(3) 機体システム技術

機体システム技術に関しては、将来機実現に向けた基盤技術獲得のため、開発作業の効率化や設計品質向上に対応したモデルベース開発などのシステム開発の高度化や、世界規模で進められている省エネ・低コスト化に対応したパワー・サーマルマネジメントなどの高効率システムについて研究開発を行っている。また、国内外情勢を踏まえ、輸送機などの多用途に対応した任務関連システムや次世代航空機/宇宙機器に対応したネットワーク方式テレメトリ通信などの計測関連システムについても各種研究を行っている。

(4) 航空エンジンの圧縮機・燃焼器・ギア技術

長きにわたるロールス・ロイス社との協業の中で当社の設計責任範囲は広がりつつあり、将来は圧縮機の設計開発を一手に担う「モジュール・インテグレータ」となるべく技術力の向上を進めている。

燃焼器では軽量耐熱複合材として航空用エンジンへの適用拡大が見込まれるCMC（Ceramic Matrix Composite）について、NEDOの事業として燃焼器部材への適用研究を進めている。これらの技術をもとに、新たなエンジンプロジェクトへの参画を目指していく。

また、数年後に民間エンジンのMRO（Maintenance, Repair & Overhaul）を事業化して、将来的には有人機用エンジンの自社エンジンメーカー OEM（Original Equipment Manufacturer）となることを目標として掲げており、そのための強固な技術基盤および社内体制の構築を進めている。

今後、航空機市場の成長に伴って航空機用ギアボックス製品の需要は増大し、また航空機の電動化に伴い大容量発電機の需要も増大していく。一方で、高度な設計・製造技術を保有し、航空機用ギアボックスの開発・製造実績があるメーカーは世界的にも限られている。航空機用ギアボックス分野の世界トップメーカーを目指して、さらなる機能・性能の向上を目指した各種研究開発を続けていく。

(5) 複合材関連技術

炭素繊維複合材は、軽量・高強度・高剛性・高耐食性という優れた特性を持っており、「787」などの民間旅客機を代表例として航空宇宙分野への適用が急速に拡大してい

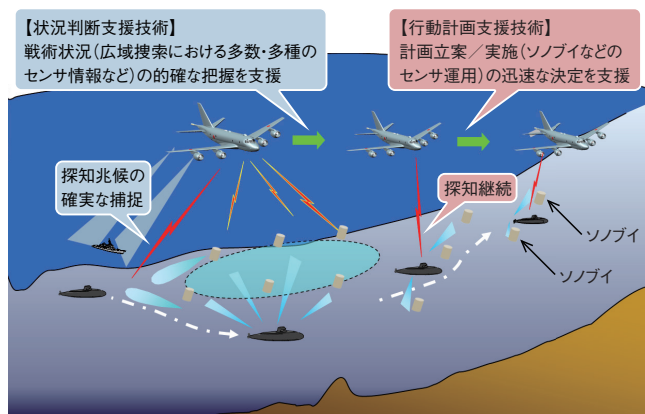


図11 戦術判断支援技術の概要

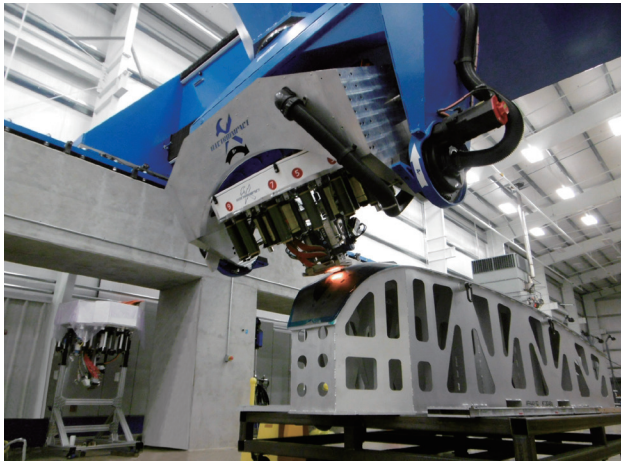


図12 炭素繊維複合材「KMS-6125」プリプレグの自動積層



図13 大径穿孔ロボットシステム

る。当社でも民間機に適用できる材料開発に早くから取り組んでおり、独自規格材料である「KMS-6115」を開発した。そして、1999年に日本および海外の航空局認定を取得して、「BK117」さらには「P-1」と「C-2」の両機体にも適用している。

また、近年の低コスト・高レート生産のニーズに対応するため、2017年には素材製造業者との共同研究により「KMS-6125」を開発した。この材料は、従来の複合材で必要とされた高額な加圧・加熱設備が不要でオープンと真空ポンプのみで良好な特性が得られる低圧成形性と、自動積層装置（図12）による優れた積層性という二つの大きな特長を持っている。今後、宇宙機器や固定翼機などへの適用により、低コスト化への貢献が大いに期待されている。

製造技術に関しては、固定翼機／回転翼機の胴体構造を想定した複雑形状部品の自動化・高精度化技術の開発を進めており、低コストかつ安定品質を指向した総合的な競争力向上を図っている。

一方で、複合材は金属に比べて被雷時の損傷が大きくなる特性があるため、クリティカルな耐雷設計が要求される。この対応のため、2012年からJAXAと共同で被雷時の損傷を予測する解析手法の開発を行っている。光ファイバセンサによる複合材内部の温度・ひずみの計測や超高速カメラによる撮影により、複合材の雷撃損傷発生メカニズムを明らかにするなど被雷損傷解析の高度化も行っている。

(6) 生産技術

新規受注に向けた競争力や各種プロジェクトにおける利益向上のため、低コスト化・高効率化に向けた生産技術の開発にも取り組んでいる。

組立技術に関しては、人件費やリードタイム低減のための開発を進めている。ドリルロボットにおいては、加工精度や大径穿孔の技術開発を完了し、「777X」の製造に適用

している（図13）。さらに、ロボットを用いた自動ファスニング装置や自動シーリング装置の開発も進めている。

板金技術では、摩擦攪拌点接合FSJ（Friction Spot Joining）や摩擦攪拌接合FSW（Friction Stir Welding）による構造一体化により組立費の低減や軽量化を実現する技術開発を継続している。板金成形はこれまで部品精度が課題とされてきたが、当社はチップフォーミングやロールフォーミングの自動化・高精度化を進めており、機械加工に匹敵する精度を目指している。

機械加工では、最新鋭の工作機械導入だけに頼らずに工作機械の振動特性に合わせた切削加工技術を開発し、総合的なプロセスの向上を進めている。また、リードタイムの短縮を図るために低コスト段取りロボットを開発するとともに、複合材用刃具などの開発にも取り組んでいる。

近年は生産へのIoT活用が活発化しているが、当社においてもIoT活用による生産革新を進めている。電波タグRFID（Radio Frequency IDentification）を用いた識別システムによる個体識別の現場試験を行うなど、トレーサビリティ自動化の検討を進めている。

あ と が き

航空宇宙関連企業としての国際的地位を高めるため、既存の事業を核として、さらなるシェアの拡大、国際共同開発・製造の促進および新しいコンセプトの製品提案の強化などを推進している。また、それらに必要な国際競争力の源として、材料、設計・評価、生産、運用支援など基盤技術の高度化にも注力していく。さらには、新たな価値を提供するため、省人化、エネルギー効率向上、システム統合、安全性保証、環境負荷低減などの技術の研究開発にもチャレンジし、一層の発展を目指していきたい。