

小型標的機の開発 – 独自技術による低コスト化 –

Development of Small and Smart Target Drone: Cost Reduction Success with Proprietary Technologies



井田 英次① Eiji Ida
堀井 知弘② Tomohiro Horii
落合 正幸③ Masayuki Ochiai
守田 航④ Wataru Morita
相浦 貴幸⑤ Takayuki Aiura
佐竹 康秀⑥ Yasuhide Satake
市村 修太郎⑦ Shutaro Ichimura
眞保 英樹⑧ Hideki Shimpo

標的機は、防衛省が脅威国の戦闘機や爆撃機などから我が国を守るための射撃訓練に用いられる。小型標的機において大幅な低コスト化の要求があり、これに対応するため簡素化や統合化に関連したさまざまな独自技術を開発した。

The aerial target drone systems are operated by the Japan Self Defense Forces for live fire training to protect our country from enemy threats. We developed the Small & Smart Target Drone Systems for simplifying and integrating its sub-system / structure / components due to the requirement of significant cost reduction.

まえがき

防衛省では、脅威国の戦闘機や爆撃機などから我が国を守るための訓練の一つとして、標的機を自動飛行させて射撃訓練を行っている。

1 背景

これまでに国内外で開発された標的機は大型で高価のものが多く、年々の部隊訓練予算が削減されており十分な数の標的機を購入できないことから、射撃訓練の機会を確保することが難しい状況となっていた。

2 小型標的機の概要

(1) 運用の概要

当社が開発した小型標的機には、航空自衛隊向けの「空対空用小型標的」と陸上自衛隊向けの「対空射撃用標的」の2種類がある。

「空対空用小型標的」は、図1に示すように「F-15DJ」戦闘機に標的機を搭載して訓練空域で空中発進させ、事前に運用者が設定した飛行パターンに沿って飛行させて、訓練機による空対空ミサイル射撃訓練に用いられる。

一方「対空射撃用標的」は、ロケットモーターを用いてランチャから地上発射させ、地上からの対空火器（ミサイルや機関砲など）による射撃訓練に用いられる。

(2) 機体の概要

機体概要の例として「空対空用小型標的」について示す。機体は、図2に示すように前方から、頭部、制御・通信機器部、主翼部、推進部、操舵部、尾部で構成され、頭部と尾部は同じ部品である。

(i) 機体構造

胴体は金属チューブを用いたモノコック構造であり、主翼部や操舵部のフィンは金属の中実構造である。

(ii) 頭部および尾部

頭部および尾部は、戦闘機並みのレーダ反射を実現する

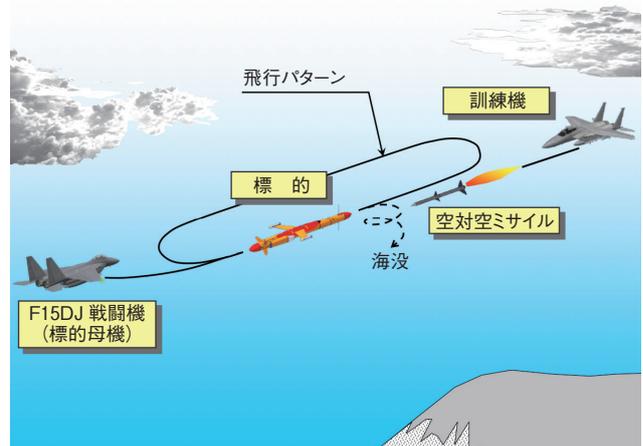


図1 「空対空用小型標的」の運用概要
Fig. 1 Overview of operation air-launched small aerial target

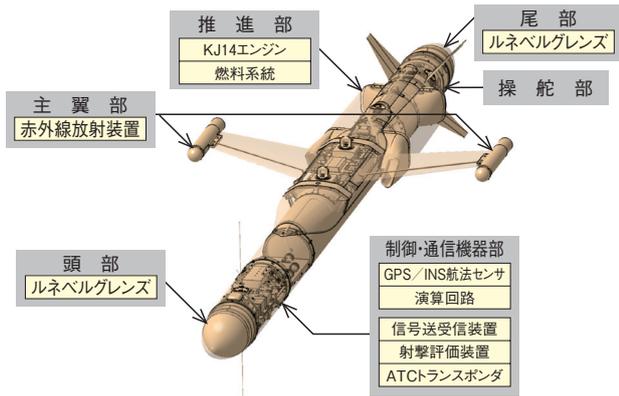


図2 「空対空用小型標的」の機体概要
Fig. 2 Overview of drawing of air-launched small aerial target

ためルネベルグレンズを搭載しており、レーダ誘導ミサイルの射撃を可能としている。また、空気抵抗を低く抑えるため、フェアリングで覆う構造としている。

(iii) 制御・通信機器部

制御・通信機器部は、システムの頭脳となるモジュールであり、自機の位置・速度・姿勢角などを検知するGPS / INS航法センサ、飛行制御と電源管理を行う演算回路、空域の安全に必要なATCトランスポンダ、母機などとの通信を行う信号送受信装置、ミサイルの近傍通過距離を解析する射撃評価装置からなる。

(iv) 主翼部

主翼部は、主翼構造と主翼先端に取り付けられた赤外線放射装置からなる。赤外線放射装置は、母機からの指令によりフレアを点火し、赤外線誘導ミサイルの射撃訓練を可能とするものである。

(v) 推進部

推進部は、燃料系統と推進装置からなる。推進装置には、独自開発したターボジェットエンジン「KJ14」¹⁾を使用している。

(vi) 操舵部

操舵部は、4枚の全遊動式のフィンからなる。これらをさまざまな組み合わせで作動させることで機体を制御する。

3 低コスト化の方針

小型標的機の開発においては、防衛省から「射撃訓練に必要な機能・性能を満足しつつ、従来の標的機に比べて大幅な低コスト化を達成する」ことが要求されていた。これに対して、標的機が無人機であり使用時間の短い使い捨て運用である点に注目し、当社が保有する独自技術を軸にして「簡素化」と「統合化」により対応することとした。

4 独自技術による低コスト化への取り組み

(1) 簡素化による低コスト化

(i) 小型エンジン

図3に示す「KJ14」は、小型無人航空機の推進を目的とした1軸ターボジェットエンジンである。

圧縮機ロータとタービンロータは図4に示すようなモノロータ（精密铸造による一体構造）としており、またエンジン前方の低温側のみを支持する片持ちの支持構造を採用し、両端支持の構造に比べて簡素化・軽量化を図っている。

また、軸受を低温部に配置していることで潤滑・冷却設計が容易となる利点も有している。短時間使用であることを考慮して、軸受の潤滑は軸受自体にグリスを封入する方式を採用し、別置きの潤滑システムの場合では必要となるオイル補充のメンテナンスを省略化した。エンジン始動は、ウィンドミル（エンジンへ流入する空気によるロータの自然回転）を利用し、カートリッジ・イグナイタで点火する簡素な方式を採用した。これにより、低コスト化だけでなく小型・軽量化も実現した。

(ii) 燃料供給システム

エンジン始動時はプラダータンクへの初期加圧と遮断弁および流量制御弁を用いた燃料供給を行い、エンジン始動後はエンジン抽気圧とエンジン同軸上に装備された燃料ポンプと流量制御弁を用いて安定した燃料供給を行う。図5

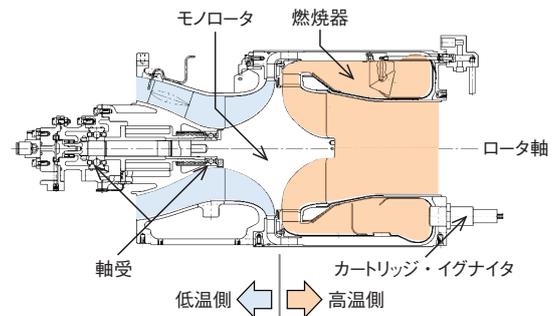


図3 ターボジェットエンジン「KJ14」の概要
Fig. 3 Overview of drawing of KJ14 turbojet engine

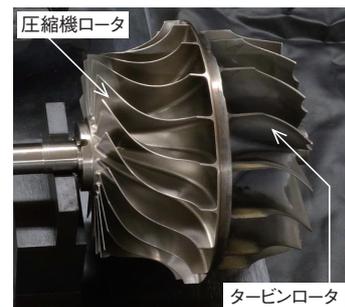


図4 モノロータの外観
Fig. 4 External view of monorotor

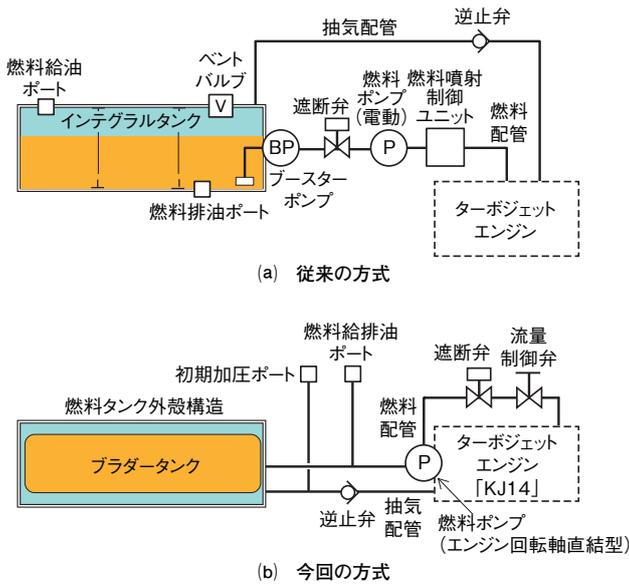


図5 燃料供給システムの簡素化
Fig. 5 Simplification of fuel supply system

に示すように、高価なブースターポンプや燃料ポンプとバルブ類を必要とせず、部品点数の少ない簡素で信頼性の高い燃料供給システムを実現した。

今回採用したブラダータンク方式は、インテグラルタンク方式に比べると容積有効率の点で劣るが、燃料のスロッシング荷重（燃料の揺動による衝撃荷重）の心配がなく、燃料配管への空気混入による燃料供給不良を起こさないという点で優れた方式である。

(iii) 飛行制御システム

本標的では、飛行時に上昇降下に関わる機動の要求がないことと低コスト化のため、図6に示すように、精密加工と緻密な計器校正が必要なピトー管の採用を見送り、飛行制御システムに用いるセンサをGPS/INS航法センサのみとして飛行制御演算に必要な不可欠な対気速度と気圧高度を演算により推定することとした。

対気速度は、あらかじめ風洞試験で得られた速度と姿勢

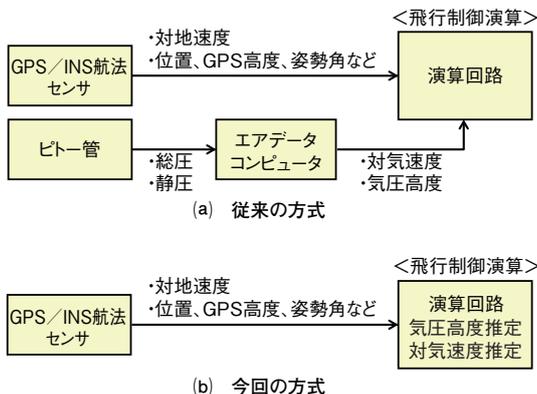


図6 飛行制御システムの簡素化
Fig. 6 Simplification of flight control system

角のデータベースを用い、GPS/INS航法センサから出力される姿勢角に基づいて推定している。また、気圧高度は、標的発進時の母機飛行高度とGPS高度とを比較して推定するものとした。これらの推定演算は、計器校正済みの有人機の実測値との比較により、正しく機能していることを確認している。

(2) 統合化による低コスト化

(i) 機体制御-エンジン制御

従来の航空機開発では、機体メーカーとエンジンメーカーが異なるため、インターフェース調整に多大な労力を要していた。本開発では、当社が機体とエンジン双方を担当したため、機体制御とエンジン制御の統合化を比較的容易に行うことができ、図7に示すように制御用回路ユニットを半減した。

(ii) エンジン搭載方式

部品点数を削減して組立ておよび加工工数を低減するため、図8に示すように、エンジンを従来のポッド搭載方式

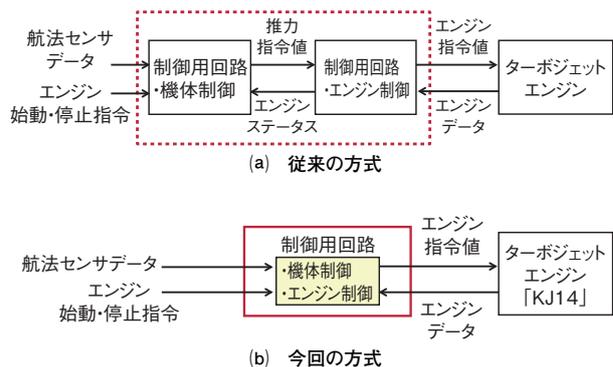
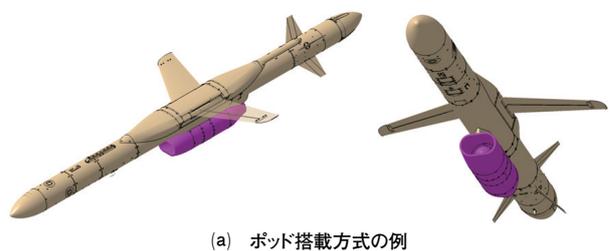
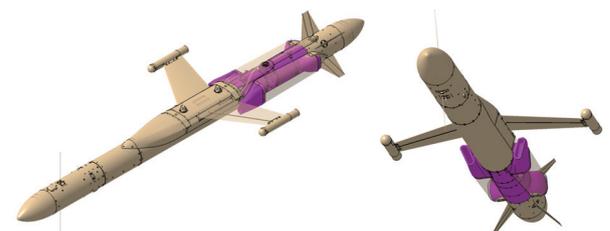


図7 機体制御-エンジン制御の統合化
Fig. 7 Flight Control system incorporated with engine control system



(a) ポッド搭載方式の例



(b) 今回の方式

図8 エンジン搭載の概要
Fig. 8 Overview of engine installation

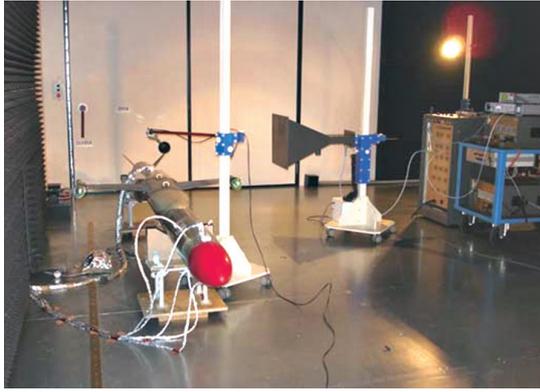


図9 全機システム形態における電磁干渉試験
Fig.9 Electromagnetic compatibility testing of whole aircraft

ではなく、機体の1次構造として直接結合するという独特のエンジン搭載方式を採用した。

(iii) システムインテグレーション

電磁干渉試験は、電気機器から放出された不要な電氣的ノイズ（エミッション）により標的自身や「F-15DJ」戦闘機に電磁障害を発生させることを未然に防ぐため、エミッションの発生レベルがスペック以下であることとノイズ照射により誤作動がないことを確認する試験である。

本開発では、個々の機器レベルで電磁干渉試験を要求せず、図9に示すように全機システム形態において要求をクリアすることで、低コスト化を実現した。また、演算回路・通信器材・GPS／INS航法センサなどの電装品を中心にCOTS（Commercial Off-The-Shelf）などの既製品を大幅に取り込む一方、軍用製品として要求される温度・湿度・振動などの耐環境性を部品単位で要求せずモジュール単位で製品保証することで、低コスト化を実現した。

あとがき

「空対空用小型標的」の開発において、従来の標的に比

べて大幅な低コスト化を実現した。小型標的機は、陸上自衛隊向けの「対空射撃用標的」も含めて、顧客である防衛省から価格面・性能面ともに好評価を頂いている。これは、機体開発とエンジン開発をともに手がけている当社のシナジー効果によるものである。

今後も、一層のシナジーを追求しながら、コストパフォーマンスに優れた防衛関連器材・装備品を提供していく。

参考文献

- 1) 永田, 佐竹, 前田, 金田, 市村: “小型ジェットエンジン「KJ14」の開発”, 川崎重工技報, No.161, pp.12-15 (2006)



井田 英次



堀井 知弘



落合 正幸



守田 航



相浦 貴幸



佐竹 康秀



市村 修太郎



眞保 英樹