

# 無人機の試験技術について



岐阜試験場 試験班  
防衛技官 才上 隆

# 発表の概要

---

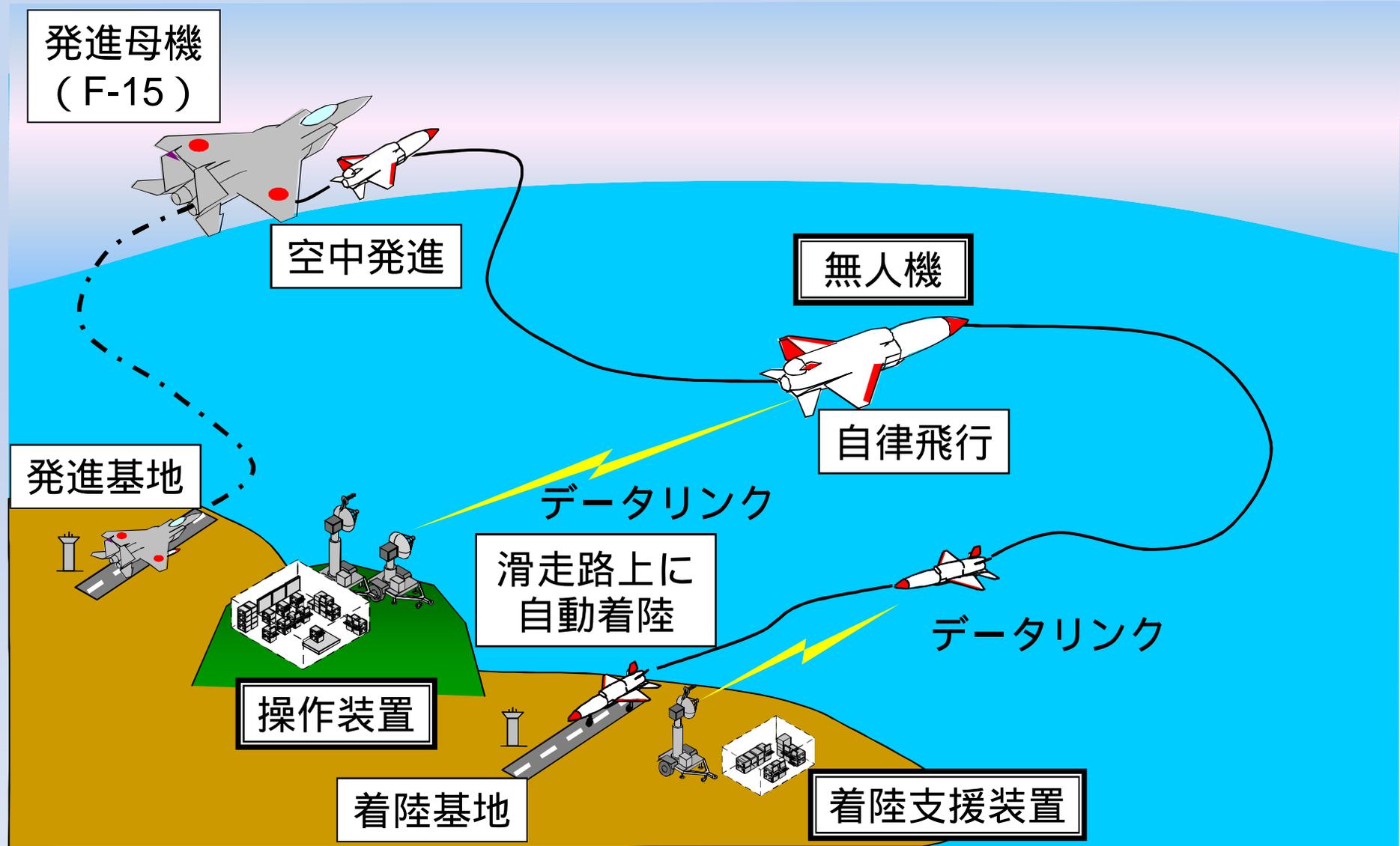
無人機の試験評価にあたり想定される課題について、無人機研究システムの事例と共に紹介する。

- ・無人機研究システムの概要
- ・試験準備
  - 電波について
  - 航空法上の取扱について
  - 試験場所・空域について
  - 硫黄島での試験について
- ・試験実施
  - 試験のステップアップについて
  - 自律飛行まで把握の困難であった事象
  - 自律飛行の実施手順

# 無人機研究システムの概要



# 無人機研究システムの概要

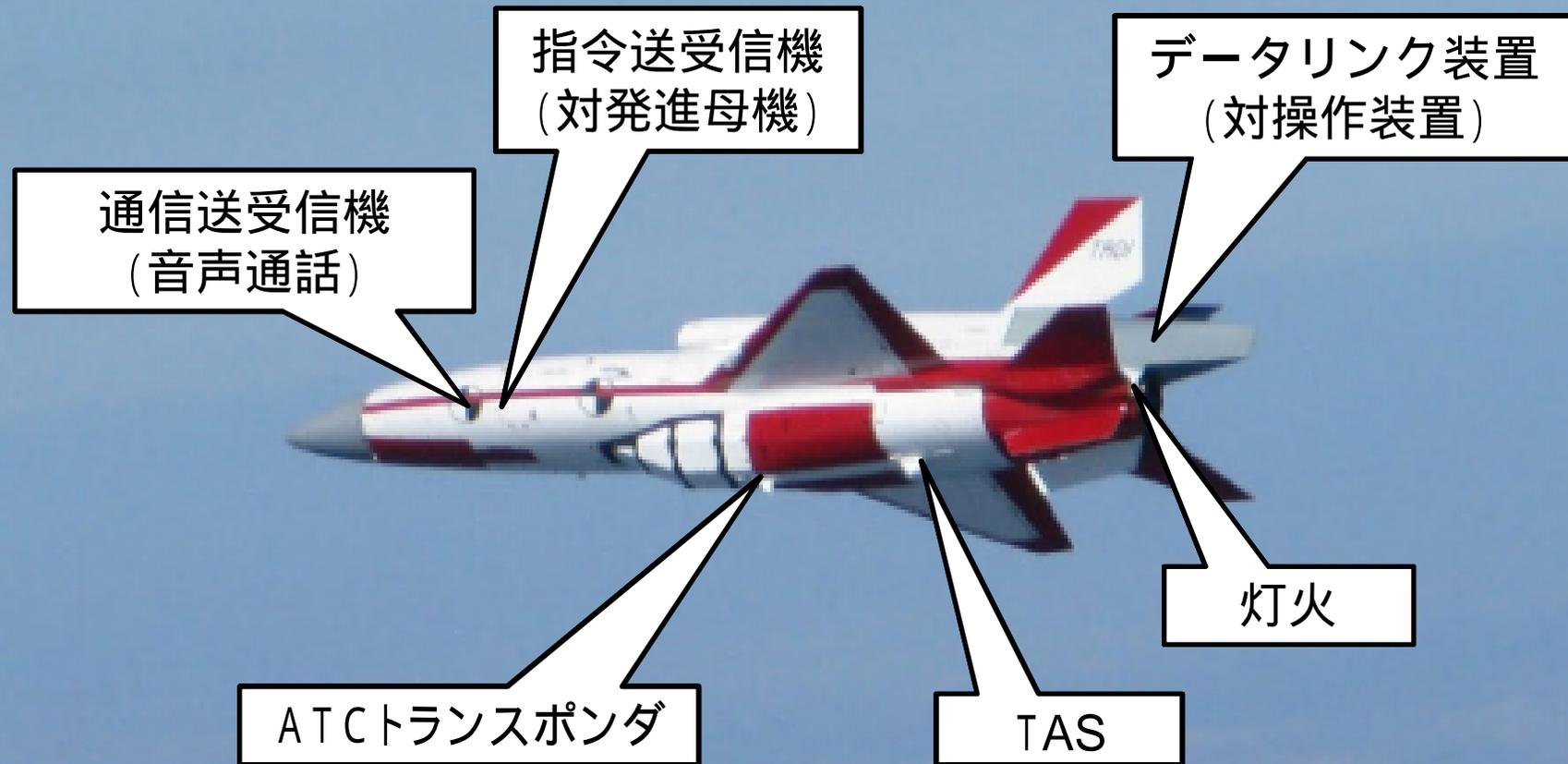


# 無人機研究システムの概要

---



# 無人機研究システムの機能(1 / 2)



TAS : Traffic Advisory System 衝突警報装置

ATC : Air Traffic Control 航空交通管制

# 無人機研究システムの機能 ( 2 / 2 )

## 操作装置のモニタ内容

- ・ 飛行状況
- ・ T A S 情報

## 操作装置から可能な操作

- ・ 飛行経路変更
- ・ 緊急回避
- ・ 着陸復行
- ・ 着陸パターン変更
- ・ 緊急廃棄
- ・ 航空無線通話

## 発進母機から可能な操作

- ・ 帰投
- ・ 緊急廃棄



操作装置 ( 屋内機器 )



操作装置 ( 屋外機器 )



T A S 情報



発進母機

# 試驗準備

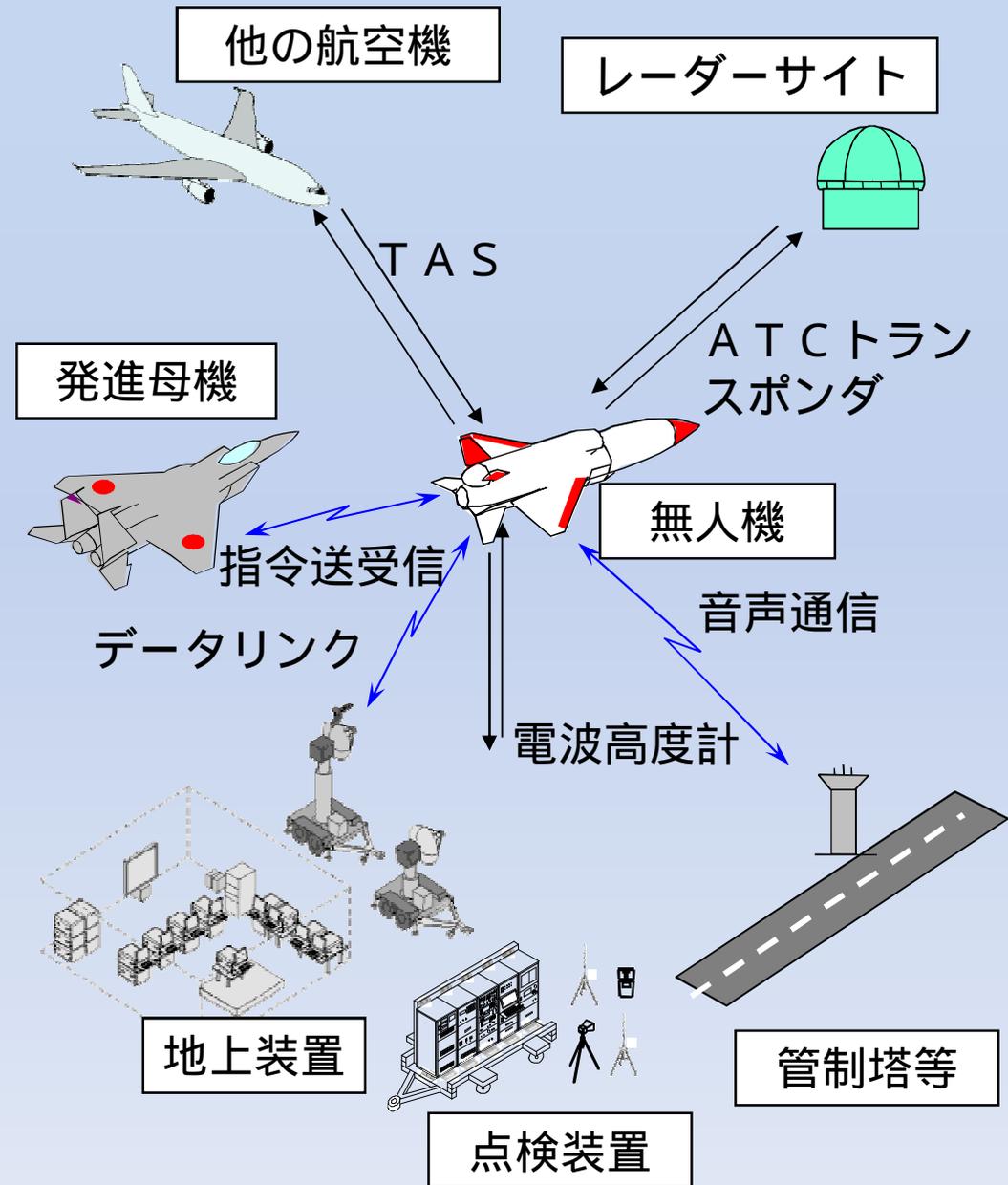


# 電波について

- ・ 無人機研究システムでは右のような多岐にわたる電波を使用。

- ・ 開発の初期の段階で電波の仕様を決め、総務省へ電波申請を行う。

- ・ 技術研究本部では、概ね5年の電波計画を策定している。



# 無人機の航空法上の取扱いについて

・ 民間機との離隔距離・高度・時間をとることによって国土交通省の許可を得る。

・ 航空法上は、航空法第99条の2「飛行に影響を及ぼすおそれのある行為」として国土交通大臣へ通報、AIP SUP・NOTAMを発行。

・ 飛行試験は航空交通管理センターとの連絡をとりつつ実施。

AIP SUP: Aeronautical Information Publication  
SUPplements 航空路誌補足版  
NOTAM: Notice To AirMen 航空情報

**JAPAN**  
MINISTRY OF LAND, INFRASTRUCTURE,  
TRANSPORT AND TOURISM  
CIVIL AVIATION BUREAU  
AERONAUTICAL INFORMATION SERVICE CENTER

**AIP SUP**  
NR016/11  
10 FEB 2011

---

016/11 016/11  
**模型飛行機の飛行試験について Model airplane flight tests**

前掲者による模型飛行機の飛行試験が次のとおり実施される。 Model airplane flight tests will be conducted by Ministry of Defense as follows. (See ATTACHMENT)

期間 Period	飛行区域(高度) Flight area(Altitude)	予定飛行回数 Estimated NR of flight times	予定飛行時間 Estimated time of flight	飛行機型 NR of airplane	模型飛行機の機体 Characteristics of Model Airplane			
					全長 LEN	全幅 WID	最高 HGT	重量 WT
Between 28 FEB and 31 MAR 2011 (During hours between 2100UTC and 0652UTC)	・ IWCTO Approach Control Area ・ IWCTO CTR ・ HIGH ALT TRAINING/TESTING AREA FOR JSDF AIRCRAFT Area : S-1 (BLW 40000FT) Area : S-2	5 Times during the period	1 HR	MAX 2	5.2m	2.5m	1.8m	?80kg

備考: Remarks:  
 (1) 飛行試験実施の日時については、NOTAM RJJJにより通知される。  
 (2) 当該飛行試験は、上記区域に接近する航空機が存在しないことレーダー等により確認しながら実施される。  
 (3) 連絡先  
 1) 前掲者 技術研究本部(期間中)  
 TEL: 03-3268-2111 (EXT 26812)  
 2) 技術研究本部 航空整備研究部 開発試験課  
 (飛行試験実施中のみ)  
 TEL: 04969-4-1111(EXT 370)  
 SCORPION 133.9MHz

(1) The exact date/time of the flight tests will be notified by NOTAM RJJJ.  
 (2) The flight tests are conducted only under confirmation by radar etc. that no aircraft is approaching the airspace mentioned above.  
 (3) Controlling Unit  
 1) Ministry of Defense  
 Technical Research and Development Institute(During the period)  
 TEL: +81-3-3268-2111(EXT 26812)  
 2) Technical Research and Development Institute  
 Air Systems Research Center(Only when flight tests in progress)  
 TEL: +81-4969-4-1111(EXT 370)  
 SCORPION 133.9MHz

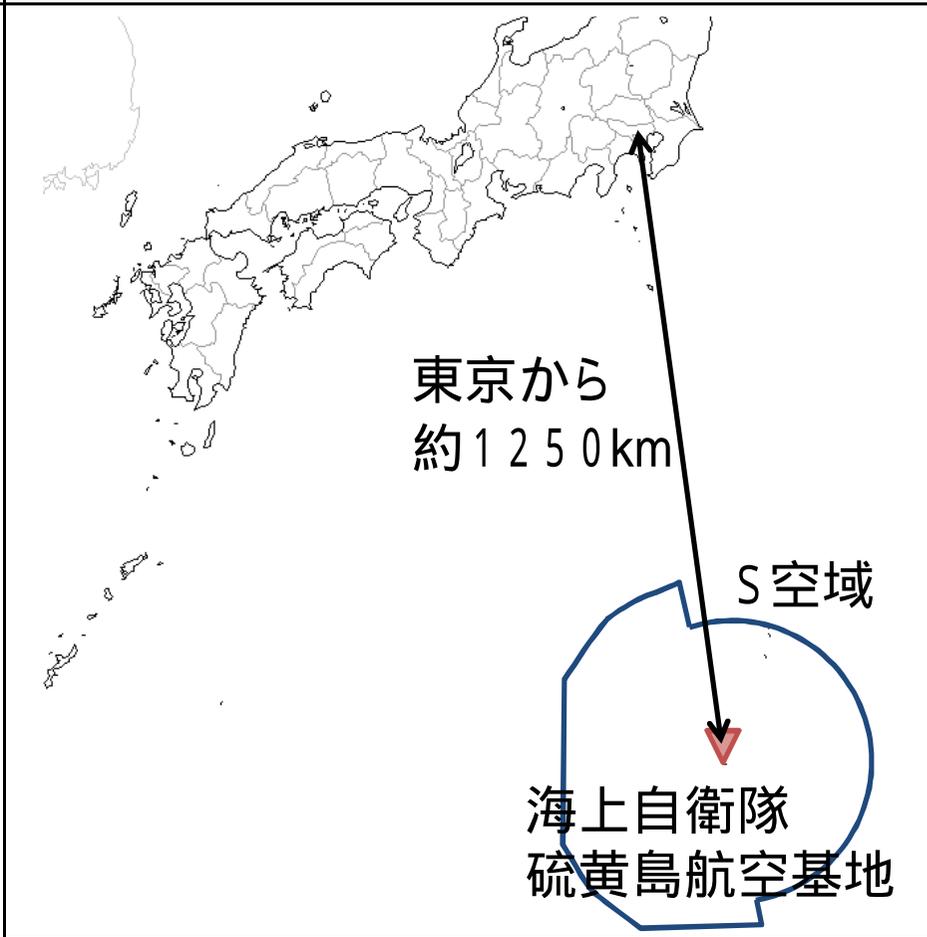
ATTACHMENT

1 102/11

発行されたAIP SUP

# 試験実施場所・空域について

自衛隊基地、自衛隊訓練空域を利用。

母機適合性試験、CFT (H20.6 ~ H21.7)	自律飛行試験 (H21.10 ~ H23.12)
 <p>A map of Japan with two blue-outlined airspaces: 'G空域' (G airspace) in the north and 'K空域' (K airspace) in the south. A red inverted triangle marks the location of '航空自衛隊岐阜基地' (Air Self-Defense Force Gifu Base).</p>	 <p>A map of Japan with a blue-outlined 'S空域' (S airspace) in the south. A red inverted triangle marks the location of '海上自衛隊硫黄島航空基地' (Maritime Self-Defense Force Iwojima Air Base). An arrow points from the text '東京から 約1250km' (From Tokyo, approximately 1250 km) to the base location.</p>

CFT: Captive Flight Test 母機携行試験

# 硫黄島での試験について(1 / 2)

- ・海上自衛隊が航空基地を置き、飛行場を管理している。航空自衛隊も分屯基地を置く。
- ・自衛隊員以外は工事関係者、遺骨収集関係者等のみが滞在。
- ・隆起活動が激しく埠頭を設置できない。  
→航空機で運べない重量物等はおおすみ型輸送艦とLCACで揚陸する。



硫黄島全景



おおすみ型輸送艦



LCAC

LCAC : Landing Craft  
Air Cushion  
エアクッション型揚陸艇

## 硫黄島での試験について(2 / 2)

硫黄島への輸送については、航空自衛隊の輸送機と海上自衛隊の輸送艦の支援を依頼。

航空自衛隊 輸送機による輸送	海上自衛隊 輸送艦による輸送
<ul style="list-style-type: none"><li>・人員 約100名 (技本・空自隊員、会社技術員等)</li><li>・無人機 4機</li><li>・地上装置 1式</li><li>・無人機整備器材(主に精密機器)</li><li>・F - 15整備器材</li><li>- 等々、C - 130輸送機約15機分</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・人員(一部)</li><li>・レンタル器材(発電機等)</li><li>・無人機整備器材(主に重量物)</li><li>・無人機補用品</li><li>- 等々 トラック約10台分</li><li>・支援車両(クレーン付きトラック、フォークリフト等)</li></ul>



C - 130輸送機



C - 130への積載

# 試験実施



# 試験のステップアップについて

自律飛行までに以下のようなステップアップを実施。

## 地上試験

- ・フィジカルシミュレーション
  - 無人機をシミュレータと接続し機能を確認
- ・地上走行試験
  - 着陸後の自動滑走を確認



地上走行試験

## 母機適合性試験

- ・飛行性能、飛行特性、フラッタ、荷重試験
  - 携行時の母機の状況について確認
- ・投下・投棄試験
  - 無人機(ダミー)を投下し分離特性について確認



投下・投棄試験

## CFT

- 飛行環境でのエンジン始動確認
- データリンク、搭載機器の機能確認
- 操作装置の電波覆域確認
- 自律飛行パターンを母機携行状態で飛行し、全ての誘導制御シーケンスを確認



CFT

# 自律飛行まで把握の困難であった事象

## 事例1

無人機の発進直後に燃料圧力の急激な低下を生じた。

## 原因

高空環境下

発進時に生じた負G

の2つの要因が複合し、燃料ポンプが気泡を吸い込んだ。

## 事例2

無人機の発進時に誘導制御上の昇降率に大きな誤差を生じた。

## 原因

発進時の姿勢変動で生じたGPSロックオフ

発進時のピッチアップ

の2つの要因が複合し、誤差の蓄積したデータを参照した。

# 自律飛行の実施手順

## 試験実施前

- ・周辺を飛行する飛行計画が無いことを確認



## 発進母機離陸

- ・随伴用・海面監視用のF - 15も離陸



## 無人機発進

- ・自律飛行中の無人機にはF - 15が随伴

## 無人機着陸準備

- ・F - 15着陸
- ・無人機用バリア展開
- ・滑走路端周辺道路封鎖



## 無人機着陸

- ・無人機用バリア折り畳み、道路封鎖解除
- ・無人機回収



# まとめ

---

## 試験準備

- ・試験に当たっては、電波・航空法上の取扱・試験実施場所等について防衛省内外の機関と入念な調整の上、実施している。

## 試験実施

- ・自律飛行までに地上試験、CFT等のステップアップを実施している。
- ・ただし、複数の要因が重なって生じるような事前の試験での把握が困難であった事象も存在している。今後の開発では、極力、実環境に近い試験等を行い、事前に確認しておく必要があると考えられる。
- ・自律飛行の試験手順は、万が一の事態でも被害を極限できるように配慮している。