



D-SEND#2  
1回目試験の原因究明に関する  
調査結果について

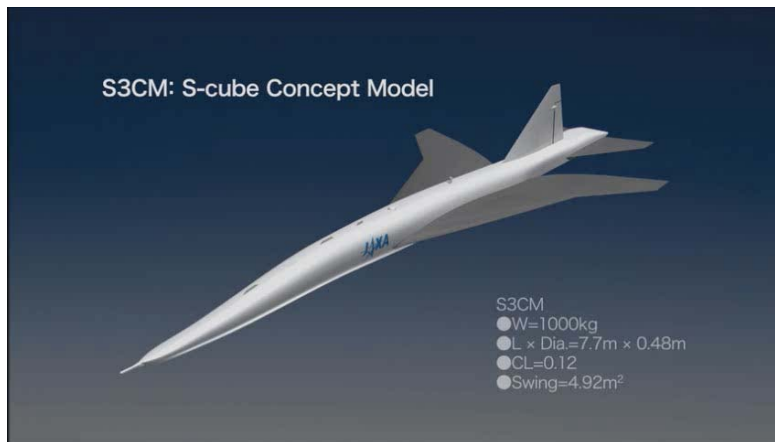
2014年2月25日

宇宙航空研究開発機構 航空本部

# 1. D-SEND#2の概要

目的: 「静かな超音速旅客機」の実現に必要な鍵技術である  
低ソニックブーム技術・低抵抗技術で設計された機体の実証

目標: ①非軸対称供試体による先端/後端の低ソニックブーム設計効果の実証  
②低ブーム波形取得技術の確立  
③低ブーム伝播解析技術の検証



**試験機**

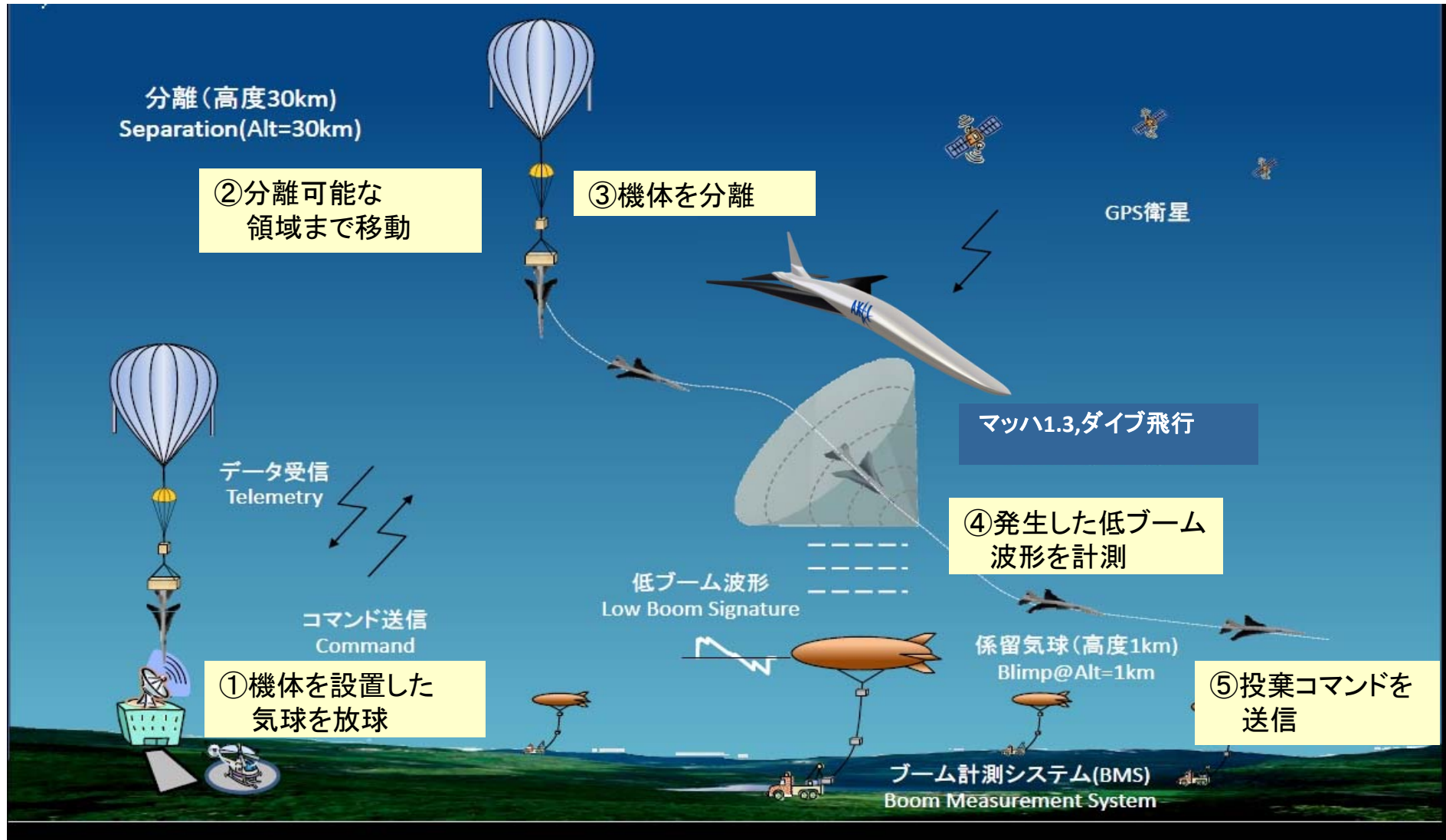
**主要諸元:**

**全長** 7.9m

**全備重量** 1,000kg



## 2. D-SEND#2試験シーケンス



エスレンジ実験場(スウェーデン)

### 3. 1回目試験の発生事象

○2013年8月16日 14:10(日本時間): 気球放球

①同日19:55: 機体を気球から分離(高度約30km)

②分離37秒後: 引き起こし(迎角5度→12度)開始

(高度23km、マッハ1.2)

機体にロール運動及びピヨー運動が発生

③分離62秒後: 姿勢制御不能(飛行破綻)

(高度14km, マッハ1.5)

④同120秒後頃: BMS\*が、引き起こし時の機体上面から

発生したソニックブームを計測。(BMSは正常に作動)

⑤分離170秒後: 機体姿勢が回復し、制御ができるようになり、計測点

(BMS\*)に向かって滑空

⑥分離181秒後: 手順に従い、投棄コマンド送信

⑦分離220秒後: エリア内に着地(計測地点の手前約8km)



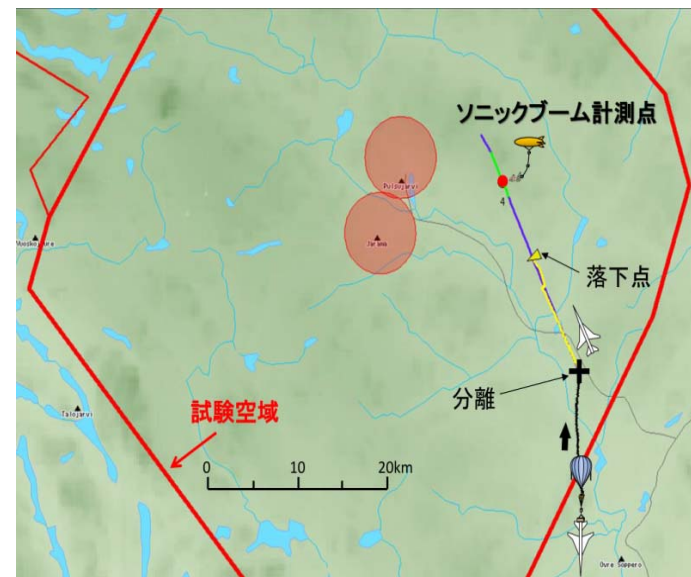
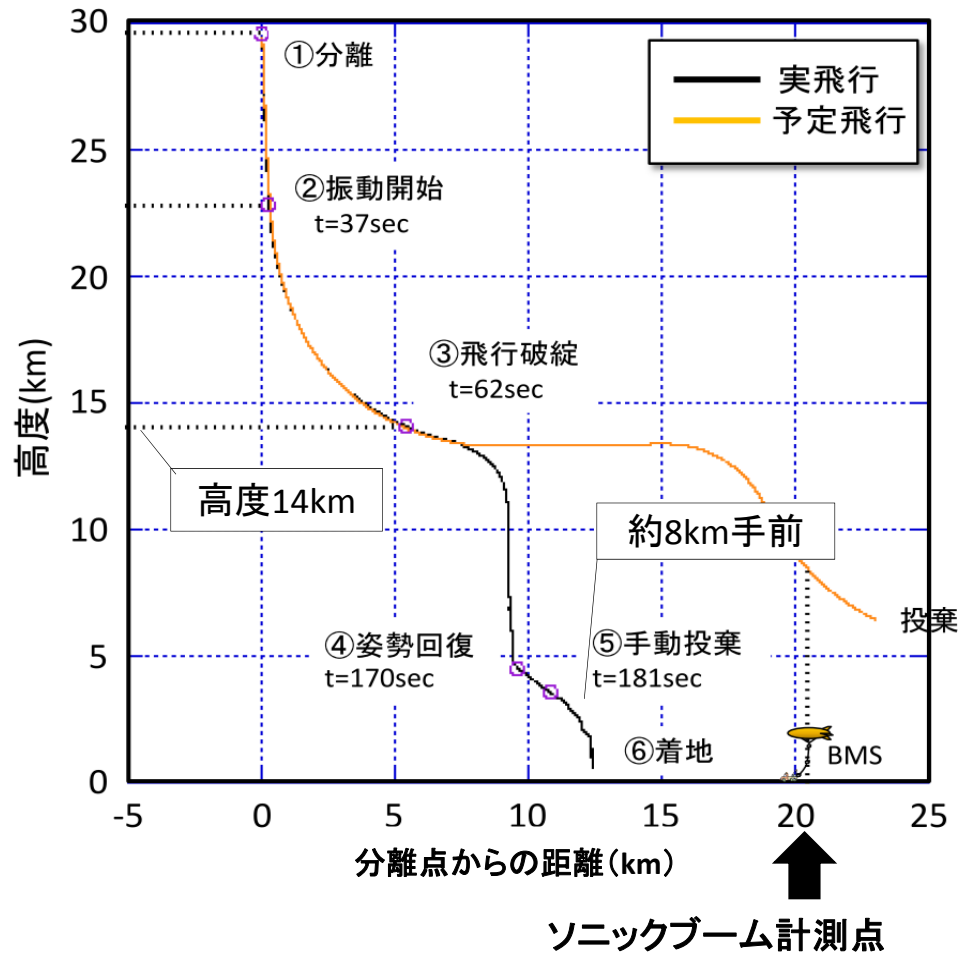
気球放球の様子



分離直後の機体の様子

\*BMS: Boom Measurement System(ソニックブーム計測システム)

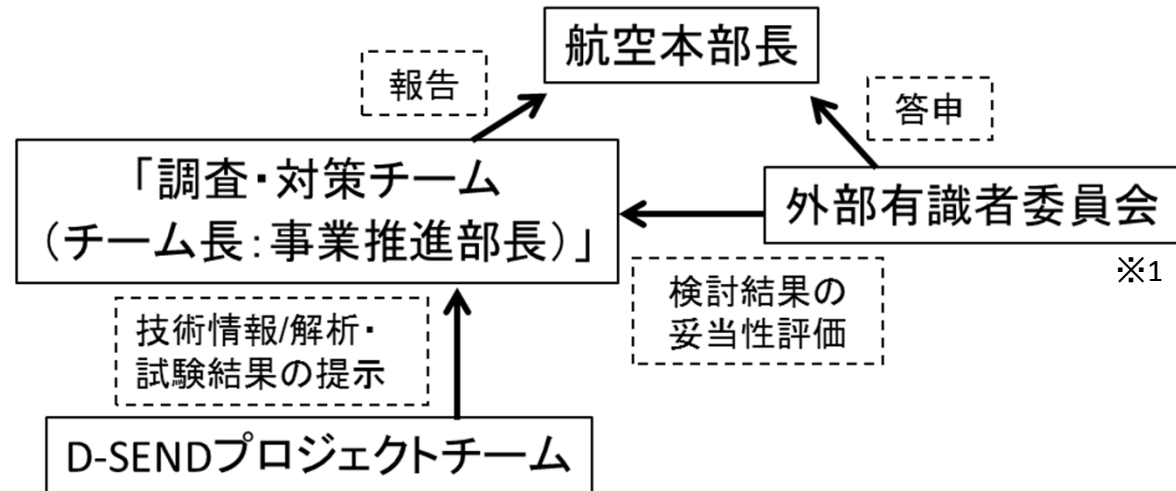
# 4. 1回目試験の試験機の飛行状況



エスレンジ実験場 (スウェーデン)

# 5. 調査結果(1/3)

## (1) 調査体制



### ※1 D-SEND#2飛行異常原因・対策確認委員会:

調査・対策チームの検討結果の妥当性を、専門性を有する第三者の視点から確認

(委員長) 宮沢与和 (九州大学)

(委員) 浅井圭介 (東北大学)、片柳亮二(金沢工業大学)、米本浩一(九州工業大学)、李家賢一 (東京大学)

## (2) 調査概要

FTA (Fault Tree Analysis: 故障の木解析)により、原因に繋がる不具合事象を検証した結果、飛行異常の発生原因を特定した。

# 5. 調査結果(2/3)

## (3) 飛行異常の原因

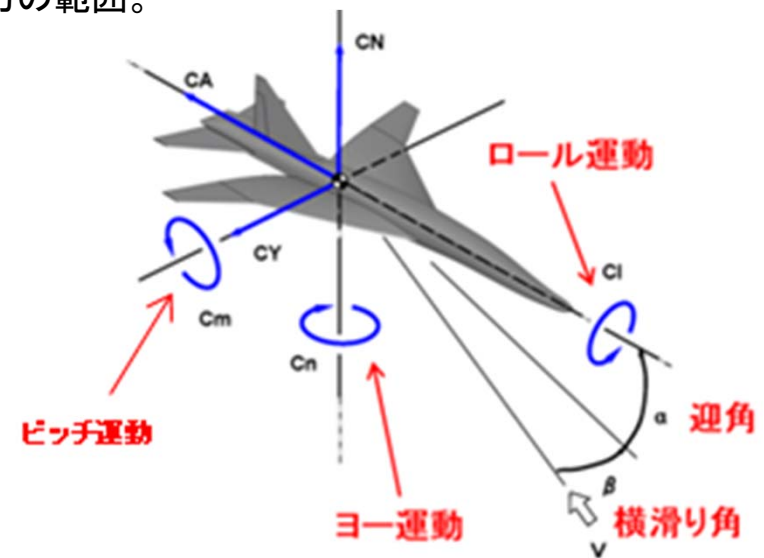
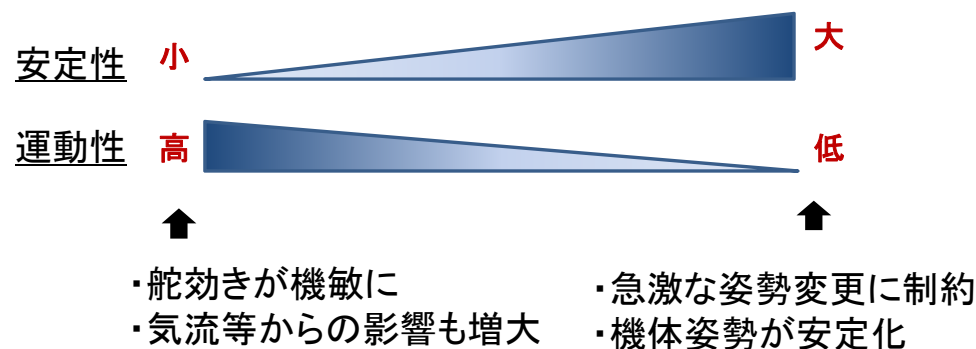
原因①:

機体に高い運動性が求められるミッションの性質上、俊敏に飛行できる先進的な制御手法を用いたが、成功率を上げるチューニングの過程で、機体が不安定に陥りやすい(安定余裕※1が少ない)飛行制御プログラムとなった。

※1 舵の状態にかかわらず姿勢を安定に保つことができる制御能力の範囲。

安定性と運動性は一般的にトレードオフの関係

→ 最適な設定が重要



## 5. 調査結果(3/3)

### (3) 飛行異常の原因

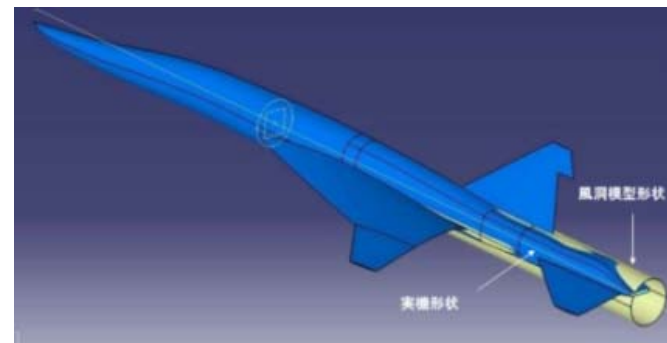
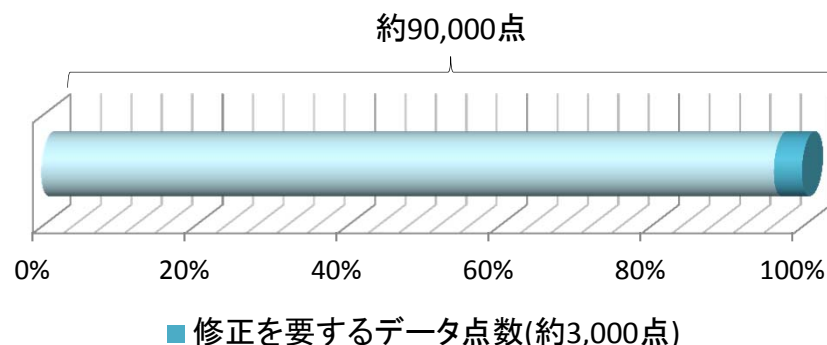
#### 原因②:

飛行制御プログラムに組み込まれている機体モデルの空力特性※2の一部※3に、設計条件を超える実機との差異があった。※4

※2 機体が受ける空気力のこと  
飛行環境によって変化する

※4 今回の特殊な機体形状の空力特性の把握にあたり、従来の風洞試験結果の補正の考え方だけでは、対応しきれなかったことが主要因

※3 約9万点の総データ点数のうち、約3千点に誤差



青: 実機形状

胴体後部が扁平型

黄: 風洞模型形状

模型支持の制約から  
胴体後部が円柱型

補正

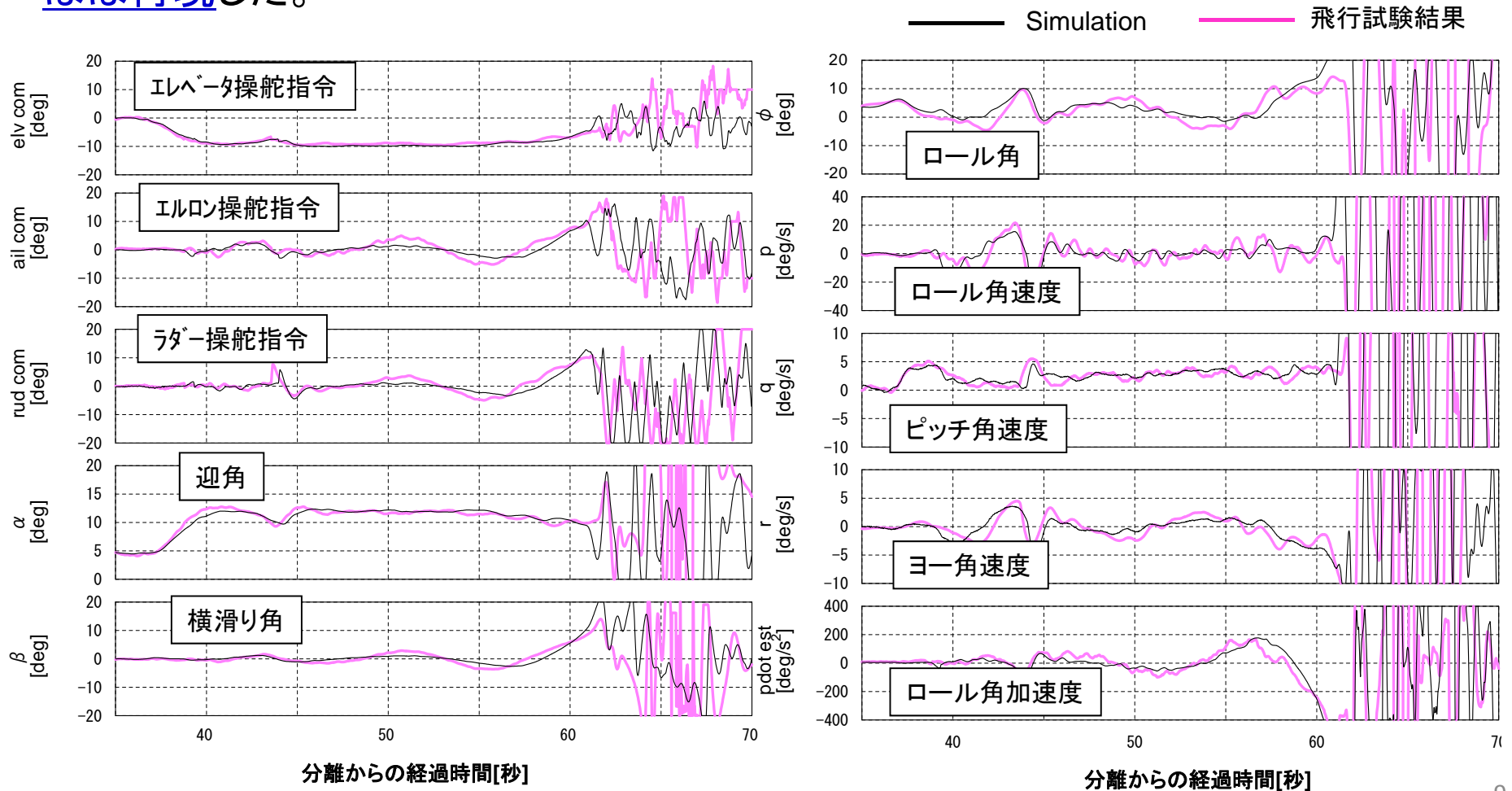
従来の考え方  
では不十分

以上、制御の安定余裕が少なかったところに、空力特性の誤差が影響した結果、機体特性が不安定となり、ロール運動及びヨー運動の増幅を引き起こした。



# 6. 原因究明結果の妥当性

分析結果をもとに見直した機体モデルにより、1回目試験の飛行シミュレーションを実施し、分離後37秒以降の振動と、62秒後の制御不能(飛行破綻)の状態がほぼ再現した。



# 7. 再発防止の対策

再発防止を徹底するため、以下の方針で対策検討を行うものとする。

## 対策①:

### 姿勢制御に十分な安定余裕を持つ飛行制御プログラムへの改修

- これまでの航空機設計において確立された姿勢制御に対する安定余裕の設計基準(ゲイン余裕±6dB以上※<sup>1</sup>等)を確保する飛行制御プログラムの改修

## 対策②:

### 機体モデルの空力特性の一部の見直し

- 今回のような実機との差異が生じないようなモデルの構築
- 他機例を考慮した実機とモデルとの誤差設定

## 対策③:

上記①②の対策を講じた上で、計測成功率との関係から、必要に応じて軌道の再検討、及びそれらに伴う飛行誘導プログラムの改修を実施する。

## 対策④:

チェック体制の強化等、不具合の再発防止のための対策を講じる。

※1 機体にかかる力が想定の半分～2倍になっても正常に飛行できるような設計基準

## 8. 今後の予定

- 2回目試験に臨むため、現在、再発防止策の具体化、設計・製造段階での検証計画の見直し、機体改修内容の検討を進めている。改修内容は主に[飛行制御プログラムの改修](#)になる見通し。
- 今後、JAXA外部有識者委員会の調査報告書を基にして、JAXAにて計画変更審査会を行う。また、文部科学省 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 航空科学技術委員会で審議いただく。