

D-SEND#2 プロジェクトの状況について

～第44回航空科学技術委員会 説明資料～

2014年8月2日から26日にかけてD-SEND#2第2次キャンペーンを設定し、第2回飛行試験に向けた準備を進めたが、試験期間中に気象条件が整わず、試験を実施することができなかった。これを受けてJAXAにおいて状況の分析と再試験実施の可否についての検討を行ったため、その取り組み状況についてご報告致します。

2014年 12月3日
JAXA航空本部

1. D-SENDプロジェクトの概要

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設計概念で設計された機体の飛行実証（参考資料1、2）

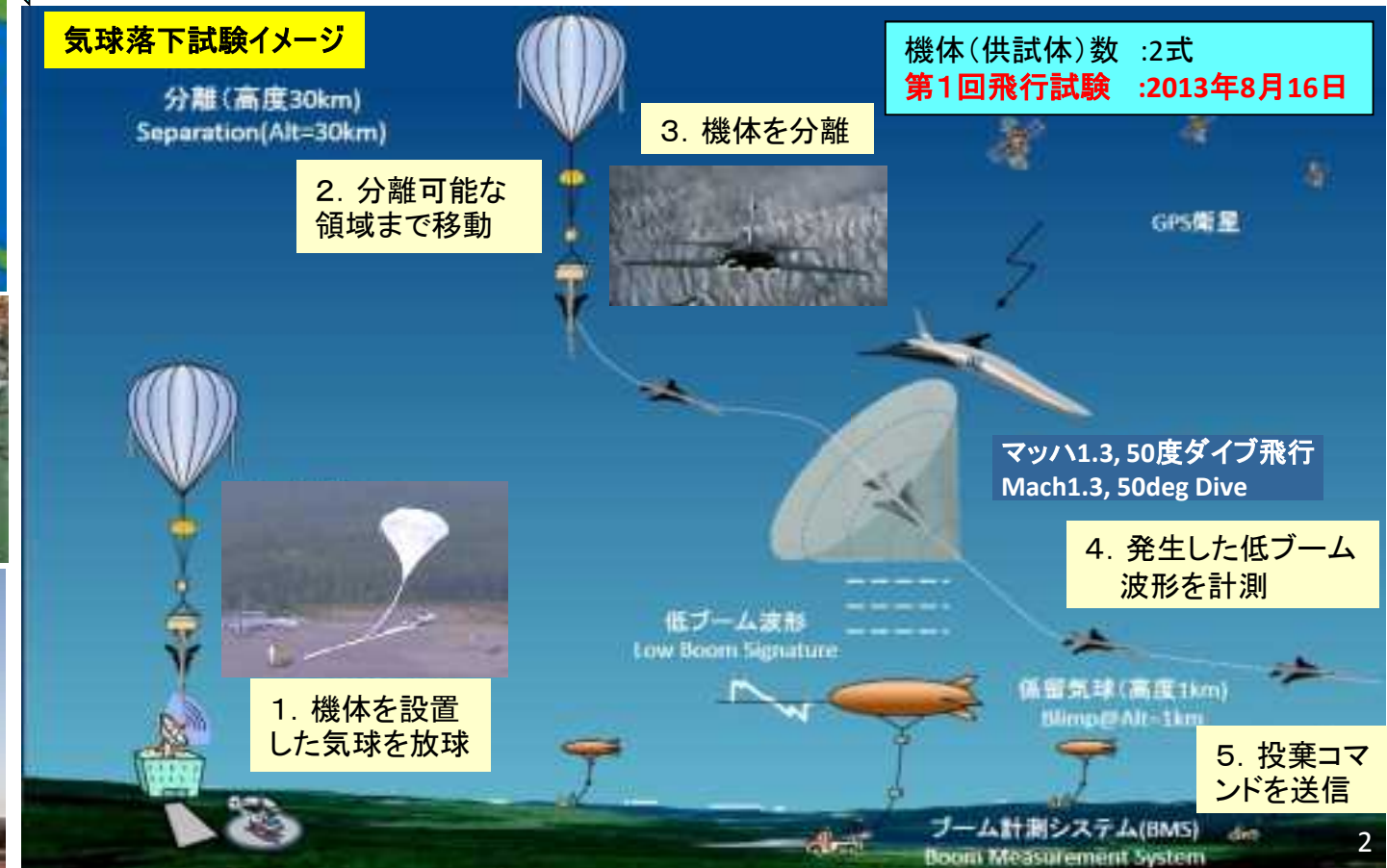
- 目標：
- ①非軸対称供試体による先端/後端の低ソニックブーム設計効果の実証
 - ②低ブーム波形取得技術の確立
 - ③低ブーム伝播解析技術の検証



← スウェーデン宇宙公社(SSC)エスレンジ宇宙センター敷地内



【諸元】
全長:7.9 m
重量:1.0 t



2. 経緯

- (1) 2013年8月16日：第1回飛行試験キャンペーンにおいて飛行異常(参考資料3)が発生。
JAXA内に調査・対策チームを立ち上げ、原因究明調査を開始した。
- (2) 2014年3月11日：第42回航空科学技術委員会で原因究明結果と対策方針、及びJAXAにおける取り組み状況を報告した。
- (3) 2014年6月 2日：第43回航空科学技術委員会で飛行異常の再発防止対策に基づく改修設計と、第2回飛行試験キャンペーンに向けた技術検討状況を報告した。
- (4) 2014年7月31日：試験直前確認会を実施し、8月2日から22日までの試験期間を開始した。
- (5) 2014年8月17日：気象条件が整わないため、試験期間を8月22日から26日まで延長した。
- (6) 2014年8月26日：試験期間中に気象条件が整わず、今年度の試験実施を断念。
これを受けて、JAXA内に調査・対策チーム(参考資料4)を立ち上げ、本年度試験キャンペーン中の気象状況の分析、再試験の意義・価値及び技術課題の検討に着手。
- (7) 2014年9月4日～29日：調査・対策チームにおいて、「意義・価値」及び「技術課題」検討分科会を各4回開催し、プロジェクトの価値及び再試験実施について検討を行った。

3. D-SEND#2 第2回飛行試験キャンペーンの状況

(1) 結果のまとめ

- ・ 2014年8月2日(金)～8月26日(火)の25日間の試験期間で、6つの気象条件(参考資料5)が整い、かつ放球に向けカウントダウンに入った日が2日あったが、最終的に条件が整わなかったため、いずれも放球には至らなかった。

(2) 第2回飛行試験キャンペーンの分析

時期選定	気象判断
過去10年間の高層気象データを基に予測した気球軌道の条件適合確率より、 <u>実際の試験期間での確率の方が高かった。</u>	6つの気象条件を考慮したスウェーデン宇宙公社(SSC)のNoGO判断において、 <u>実際の試験日で好転した日は無かったため、試験機会は見逃されていなかった。</u>

- ・ 試験時期の選定、及び試験期間中の気象判断において大きな問題はなかった。

(3) 今後に向けた検討方針

- ・ 今後に向けた可能な対処方針として下記を考える。
 - ① 気球軌道としては、水平飛行時に分離する軌道を標準としていたので、他の軌道パターンの可能性(参考資料6)についても検討する。
 - ② より精度の高い判断を可能するためには、極力試験日に近づけて判断できるようにすることを検討する。

4. 再試験に向けた取り組み状況

(1) 意義・価値の再確認

○D-SENDプロジェクトの意義に対する現状認識は以下の通りである。

A) 超音速旅客輸送の鍵を握る「ソニックブーム低減」で国際的技術優位の確保

⇒ JAXAソニックブーム低減技術の価値は、下記理由により不変と考える(参考資料7)。

- ・ソニックブーム低減技術は、陸上超音速飛行を可能とするための最重要課題である。
- ・後端ブームの低減化は、機体全体の高度な設計技術を要するため、未だ飛行実証例は無い。
- ・JAXAは小型超音速旅客機(50人規模)を想定した低ブーム設計技術を独自に開発済み(特許取得)。
- ・D-SENDプロジェクトで世界に先駆けて飛行実証することで技術優位性を確保し、日本の技術力の高さをアピールし、技術的価値を高めることが可能となる。

B) ブーム計測技術、低ブーム実現性等による国際環境基準策定検討への貢献

⇒ ICAOブーム基準検討でのD-SENDの位置づけは、下記理由により不変と考える。

- ・空中ブーム計測技術の提供を通じた貢献は既に実施済み。
- ・CAEP/10(2016年2月)目標に変化はなく、D-SEND#2成果の提供に大きな期待が寄せられている。
- ・2015年夏期の飛行試験でも、飛行試験データ解析の短縮案(参考資料8)に基づく作業を事前に実施することで、設計点(巡航飛行相当)の解析結果は間に合わせることができるよう計画を見直し、SSTGに対してほぼ当初計画通りの貢献が可能と考えられる。

(2) 試験機会拡大のための対策案の検討

○下記分類の対策案(14項目)を検討し、今回の試験期間では、NoGO判断した23日に対して、実施可能な機会が4日増加することを確認した。

- ・分離許容域(ドーナツ面積)の拡大
- ・分離可能軌道オプションの追加(気球上昇中の分離案)
- ・試験期間の延長
- ・6つの気象条件判断の精度向上(2日前判断を前日判断に)
- ・試験時期の再検討(ヘリ視程対策)

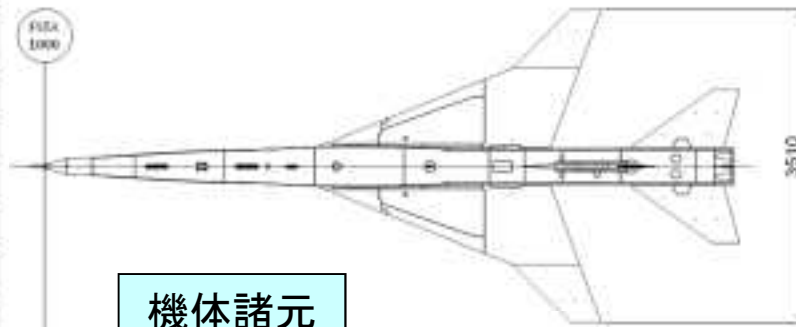
5. まとめ

- 本年8月の第2回試験実施期間では気象条件が整わず飛行試験に至らなかった。
- 試験状況を分析し、計画していた時期、期間が妥当であることを確認した。また、準備作業、判断条件等の見直しにより試験機会拡大の可能性を確認した。
- 後端ブーム低減の飛行実証は世界初であり、またデータ解析短縮案を事前に適用することで主要成果は提供可能となることから、来年度、試験を実施したとしてもプロジェクトの意義・価値は不変である。
- 再試験に向けた取り組みについて準備が整い、目標達成の見通しが得られた段階で、JAXAとして再試験を決定する予定。

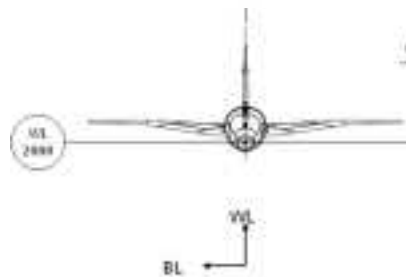
參考資料

参考資料1. D-SEND#2機体の概要

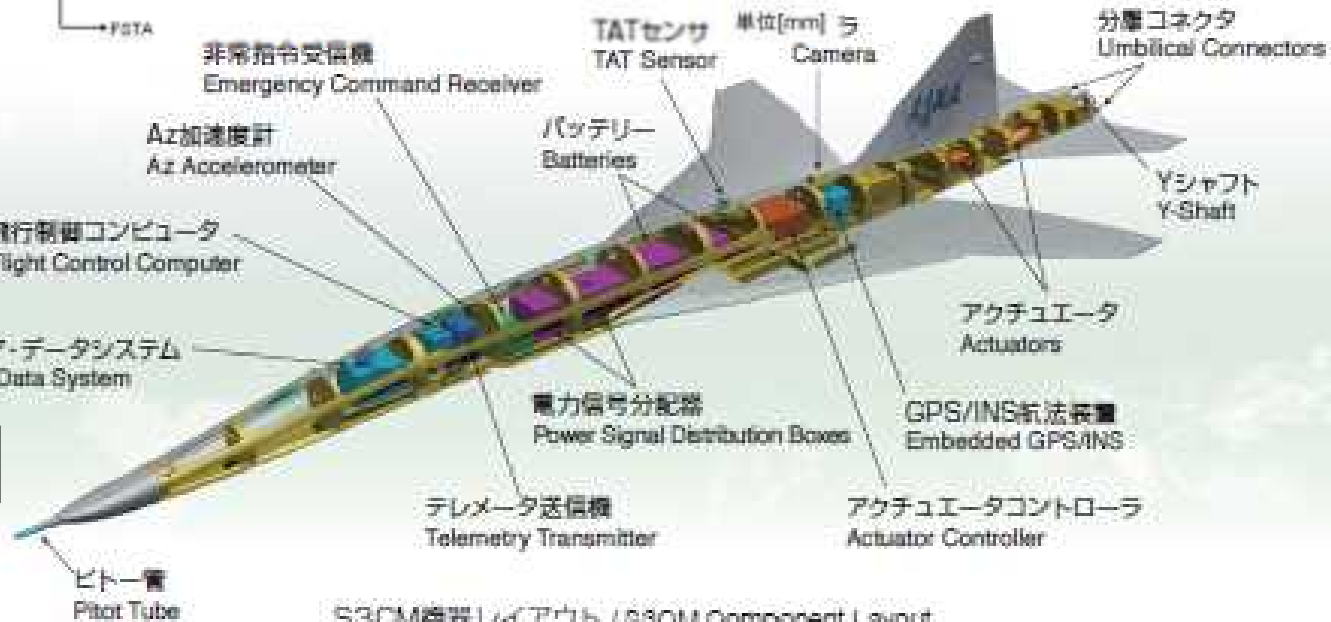
項目	諸元
全備重量	1000kg
主翼面積	4.891m ²
主翼平均空力翼弦長	1.912m
主翼幅	3.510m
全長 (ヒト含む)	7.913m
スタビレータ舵角	±20°
ラダー舵角	±20°



機体諸元

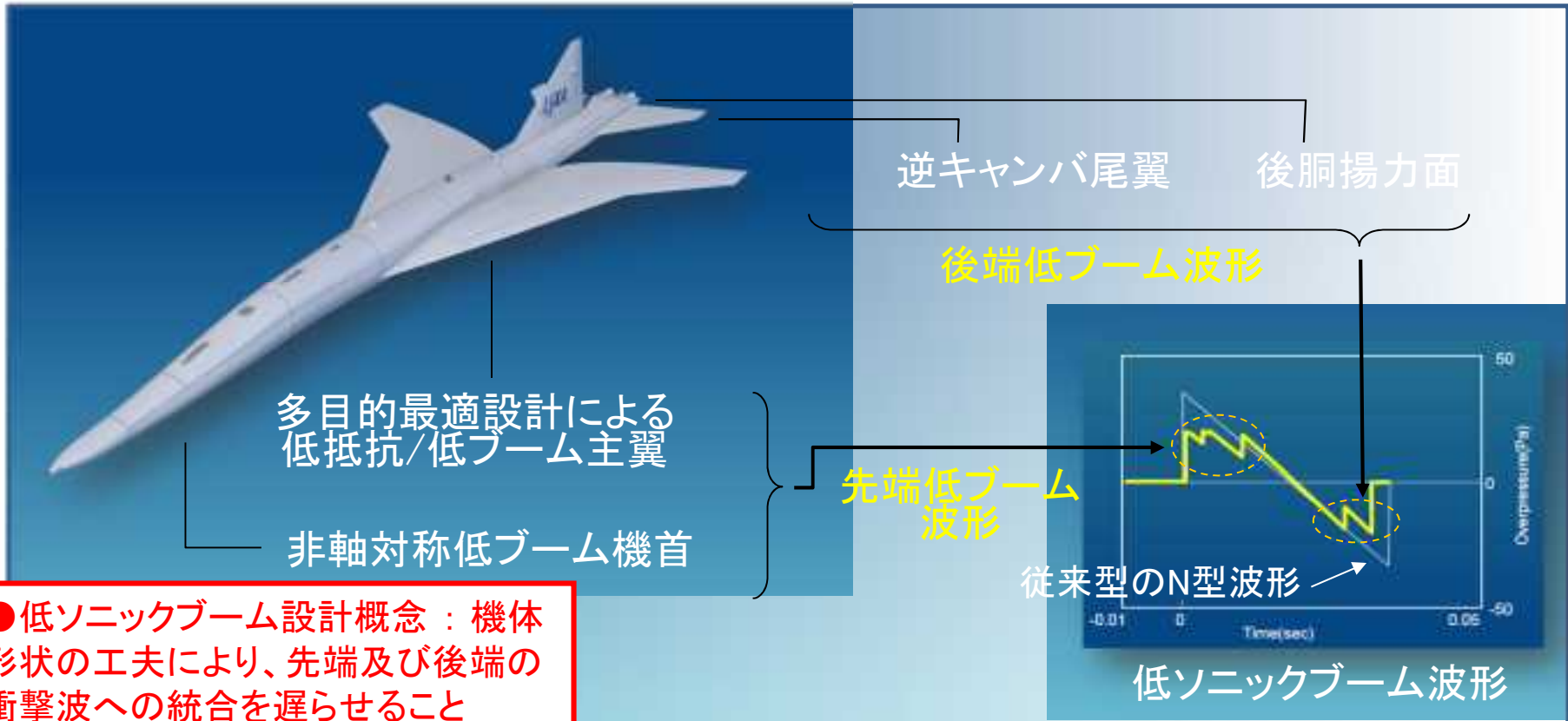


搭載装備品

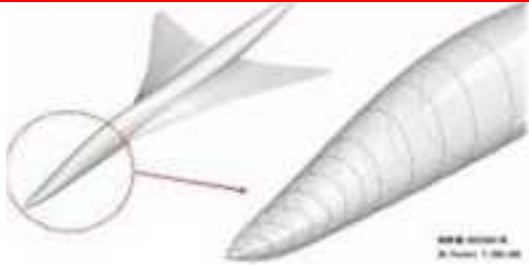


S3CM機器レイアウト / S3OM Component Layout

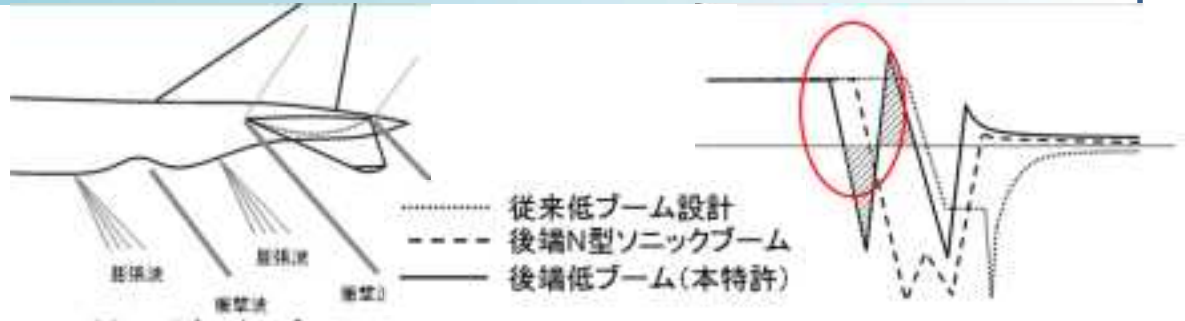
参考資料2. 低ソニックブーム設計概念



●低ソニックブーム設計概念：機体形状の工夫により、先端及び後端の衝撃波への統合を遅らせること



【先端ブーム低減設計コンセプト】
特許3855064号 / US Patent 7309046



特許5057374号
【後端ブーム低減設計コンセプト】

参考資料3. 第1回飛行試験の発生事象

○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、マッハ数1.2)
機体にロール及びピヨ運動が発生

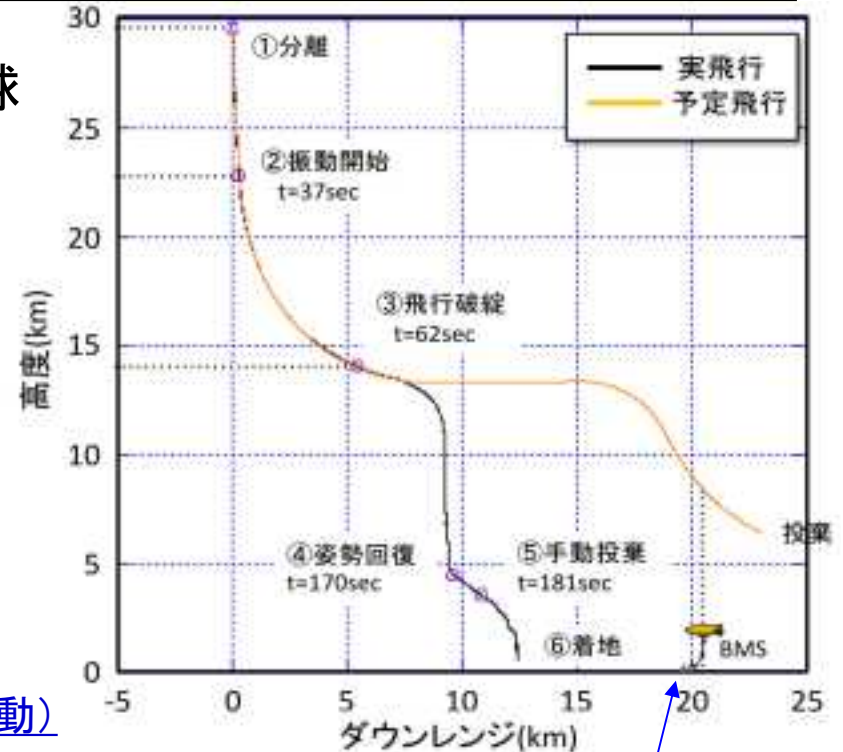
③分離62秒後: 姿勢制御不能(飛行破綻)
(高度14km、マッハ数1.5)

・同120秒後頃: 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)

④分離170秒後: 再度機体姿勢が回復し、制御ができるようになり、計測点(BMS*)に向かって滑空

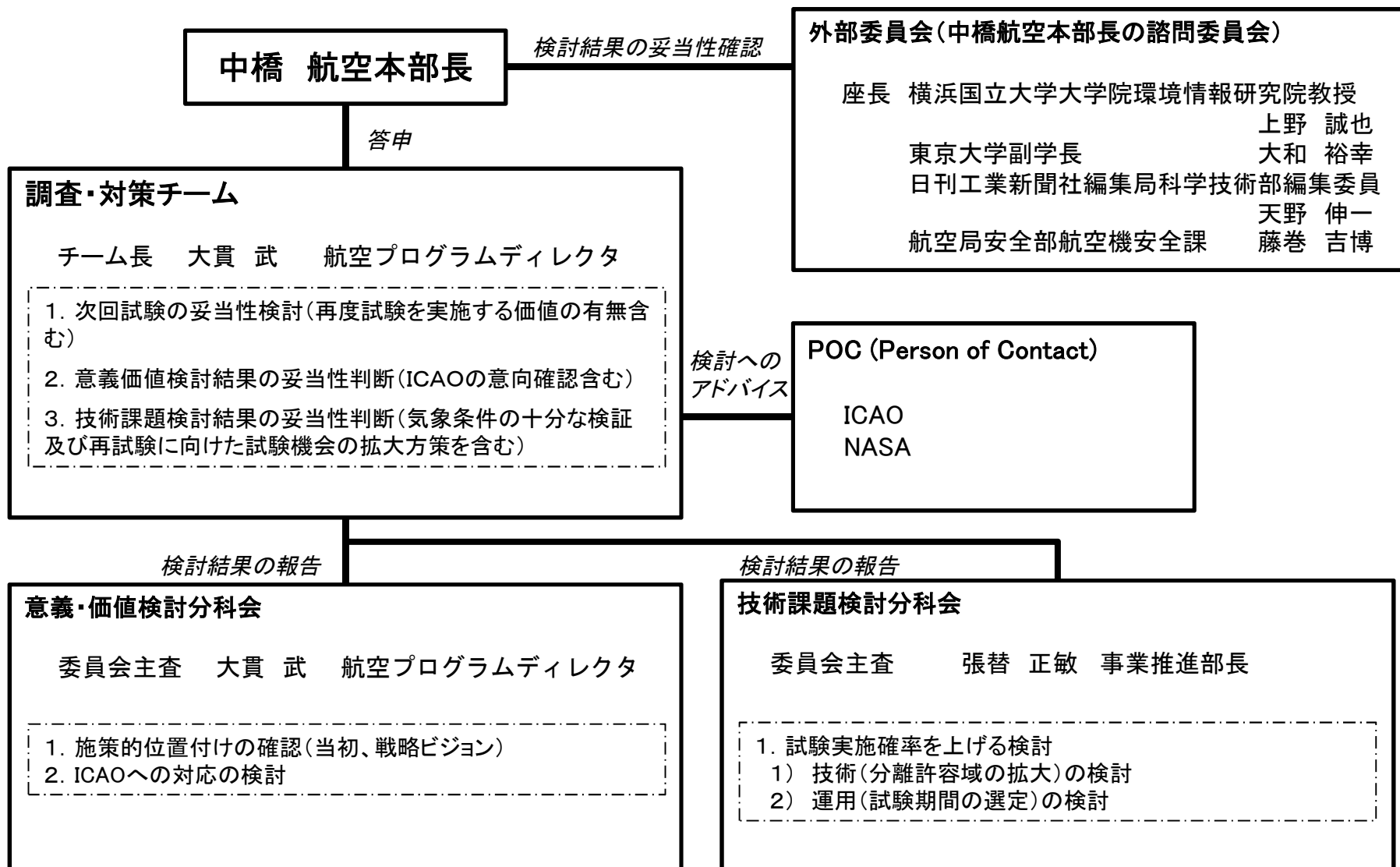
⑤分離181秒後: 通常終了手順に従い、投棄コマンド送信

⑥分離220秒後: エリア内に着地
(計測地点の手前約8km)



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

参考資料4. 調査・対策チームの体制



参考資料5. 6つの気象条件(1/2)

○気象会議(D-2)でGOをかける6つの気象条件

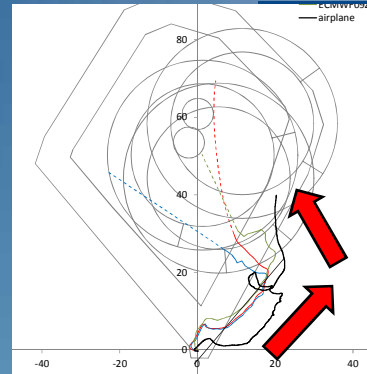
	判断項目	条件
①	放球パッド※1の地上風	・2~3m/s以下 ・風向が安定していること(準備から放球までほぼ同じ向き)
②	放球パッドの200m上空風	・3~4m/s以下 ・地上風の風向(気球のレイアウト方向)とほぼ同じ方向で安定している
③	BMSサイト※2の1000m上空風	・10m/s以下(15m/s以上は不可)
④	放球パッド & BMSサイトの雨	・放球パッド:T-6h以降の雨は不可 ・BMSサイト:小雨OK
⑤	気球軌道	・高度30kmのレベルフライトで、設定されたドーナツの上空を通過すること
⑥	ヘリ飛行条件	・往復予定時間にヘリの飛行が可能なこと ・特に復路は、確実に飛行できること

※1) パッド: 供試体を搭載した気球を放球する放球場

※2) BMSサイト: 係留気球を用いたBMS(ブーム計測システム)の設置地点

参考資料5. 6つの気象条件(2/2)

○気象会議(D-2)でGOをかける6つの条件の概要

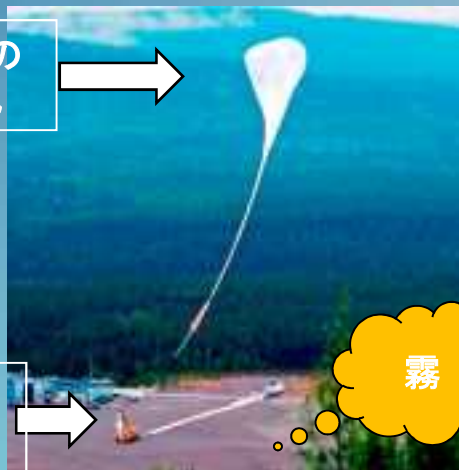


⑤気球軌道
(高層風)



④a 放球パッドの雨

②放球パッドの
200m上空風



①放球パッド
の地上風

④b BMSサイトの雨

③BMSサイトの
1000m上空風



霧

⑥ヘリ飛行条件

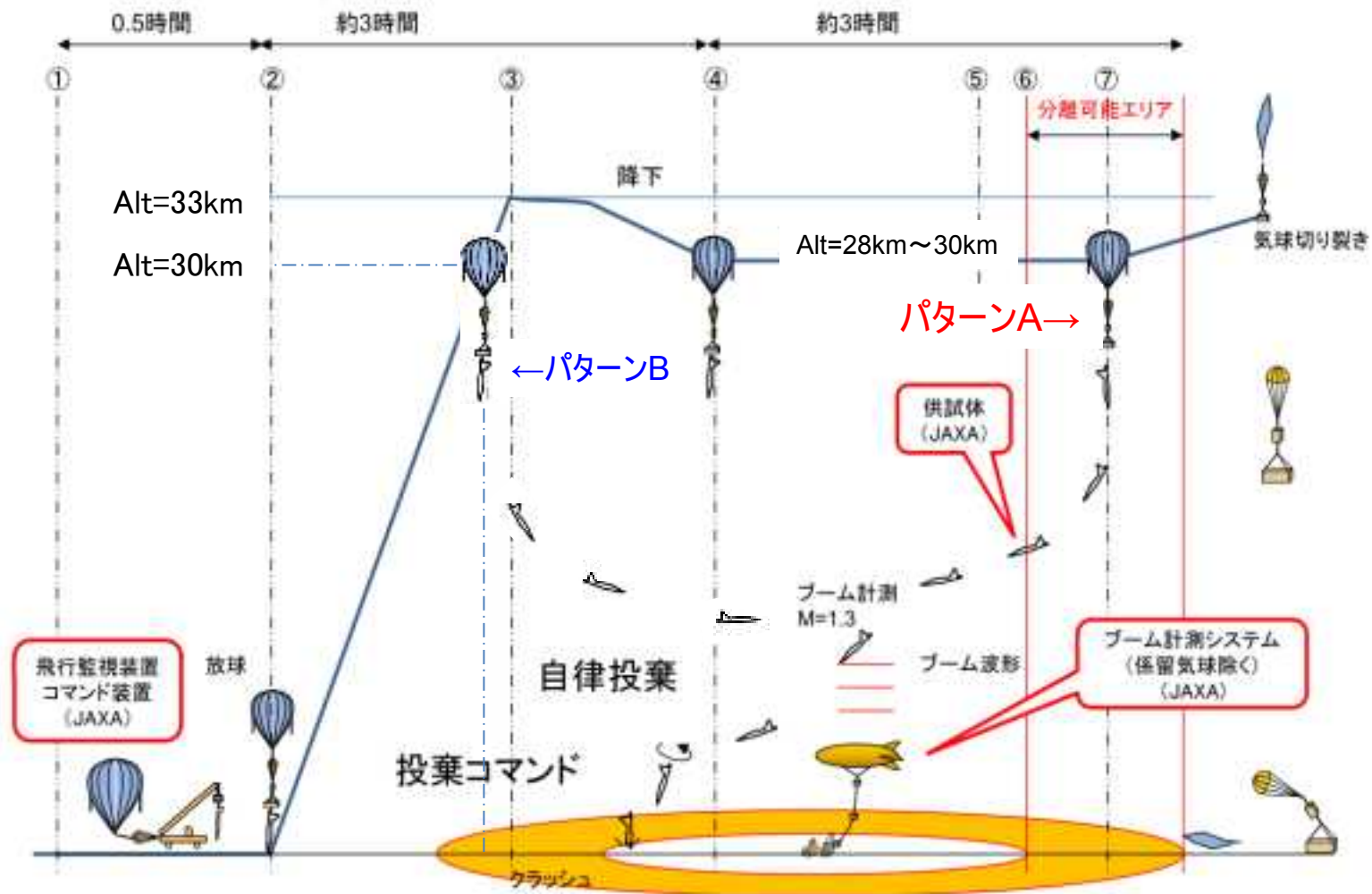
霧

BMS site



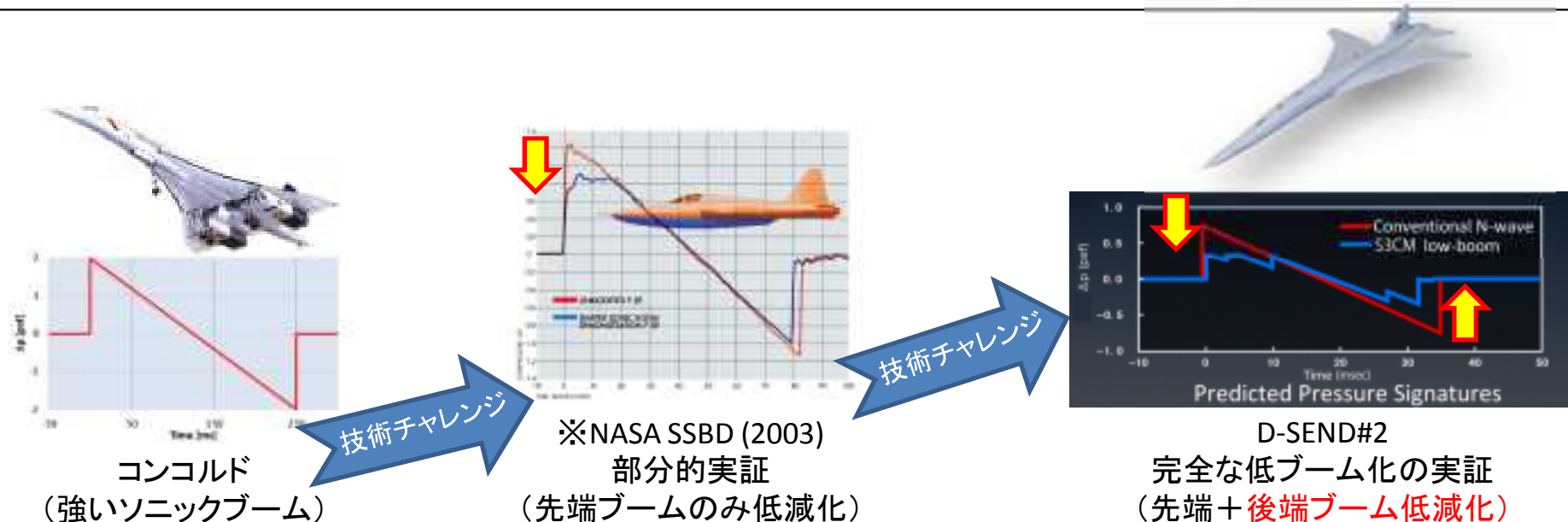
参考資料6. 軌道パターンの概要

- ・標準(パターンA): 高度33kmに到達後、高度28km~30kmまで降下してレベルフライト後分離
- ・分離可能軌道オプション例(パターンB): 上昇中に高度28km~30kmを通過時に分離



参考資料7. ソニックブーム低減技術の価値

- ◆ 先端/後端ブームの低減化は、陸上超音速飛行を可能とするための最重要課題。その低減目標はコンコルドのブーム強度の1/4程度(世界的な共通認識)。
- ◆ 先端ブームのみの部分的な低減化は、既に米国で飛行実証※されているが、後端ブームも含めた低減化は高い設計技術力が要求されるため、実証例が無い。
- ◆ JAXAでは、小型超音速旅客機(50人規模)を想定した先端/後端ブームを低減できる全機機体設計技術を開発(特許取得済)。(参考資料1、2)
- ◆ D-SENDプロジェクトにおいて、全機形態での低ブーム設計技術を“世界初”で飛行実証することで日本の技術力をアピールし、技術的価値を高める。



参考資料8. データ解析の短縮案

○データ解析で最も時間を要する空力／構造連成空弾変形解析において、事前に想定飛行条件でのCFD解析を実施してデータベースを作成し、それを呼び出す空力荷重推定モジュールを開発し、CFD解析を不要とすることで解析期間の短縮を図る。

