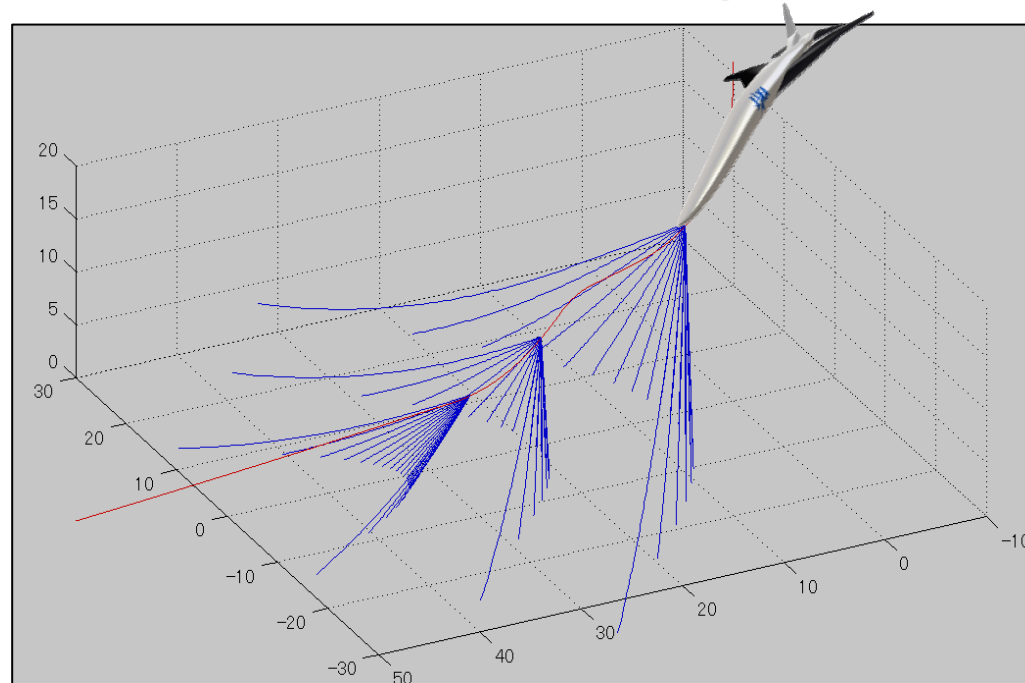


# 資料1-4

空へ挑み、宇宙を拓く



## 静粛超音速機技術の研究開発 進捗状況等の報告



科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会  
第35回航空科学技術委員会  
平成23年1月 31日  
宇宙航空研究開発機構  
航空プログラムグループ

# 【概況】

空へ挑み、宇宙を拓く



平成21年度の間評価時(平成21年8月)からの主な動き

## 1. 社会情勢

ICAO-CAEP/8(2010年2月)において、ソニックブーム基準策定を当初計画のCAEP/9(2013年)から3年延期し、CAEP/10(2016年)まで検討を継続することが決定。(参考1参照)

## 2. 進捗状況(最近の取組と成果)

### (1) 最近の取組

- 中間評価時の産官学連携及び人材育成強化に関するコメントを踏まえ、公募型研究制度の導入、並びに、学生の実践的な研究体験機会として実機ソニックブーム計測試験への参加公募を実施。
- D-SEND#1試験(平成23年4-5月実施予定)に向けた準備作業を開始。
- D-SEND#2の飛行試験時期を平成25年7-8月と再設定し、その実現に必要な検討作業を計画。

### (2) 主な成果

- 静粛超音速研究機の飛行実験システムの基本設計作業及び関連試験を行い、システム仕様及び基本計画図等を確定(平成21年度)。
- D-SEND計画への見直し(平成21年8月)に伴い、システム概念検討や予備設計を完了。
- 技術提案要請を実施し、業者選定を完了後(平成22年2月)、選定業者とコスト/スケジュール等の細部調整を行い、システム仕様の確定(平成22年7月)。
- D-SEND#1について、スウェーデン宇宙公社と契約を締結(平成22年7月)。
- 空中ソニックブーム計測システム構築の一環として実機ソニックブーム計測試験を実施し、システムの健全性を確認(平成21年9月、平成22年9月)。

## 3. 今後の取組(予定)

- D-SEND#1試験(平成23年4-5月実施予定)に向けた準備作業を着実に継続。
- D-SEND#2の飛行試験に向けた準備作業を着実に実施。

# 静粛超音速機技術の研究開発の概要



## 研究開発の概要

次世代の超音速輸送機(SST)の国際共同開発への主体的参画を視野に入れ、その実現の鍵であるソニックboom低減技術を中心とした「環境適合性」と「経済性」の両立を実現する技術を開発・実証することにより、世界における優位技術の獲得を目指す。また、航空機分野における最先端技術への取り組みを通じて、わが国の航空機産業の発展と基盤強化並びに将来のわが国航空界を担う人材育成に貢献する。

コンセプト確認落下試験(D-SEND)では、軸対称物体の落下試験(D-SEND#1)と低boom設計機体の飛行試験(D-SEND#2)の2種類の試験を計画している。  
(総資金(見込額):約40億円規模)

### ●D-SEND#1:

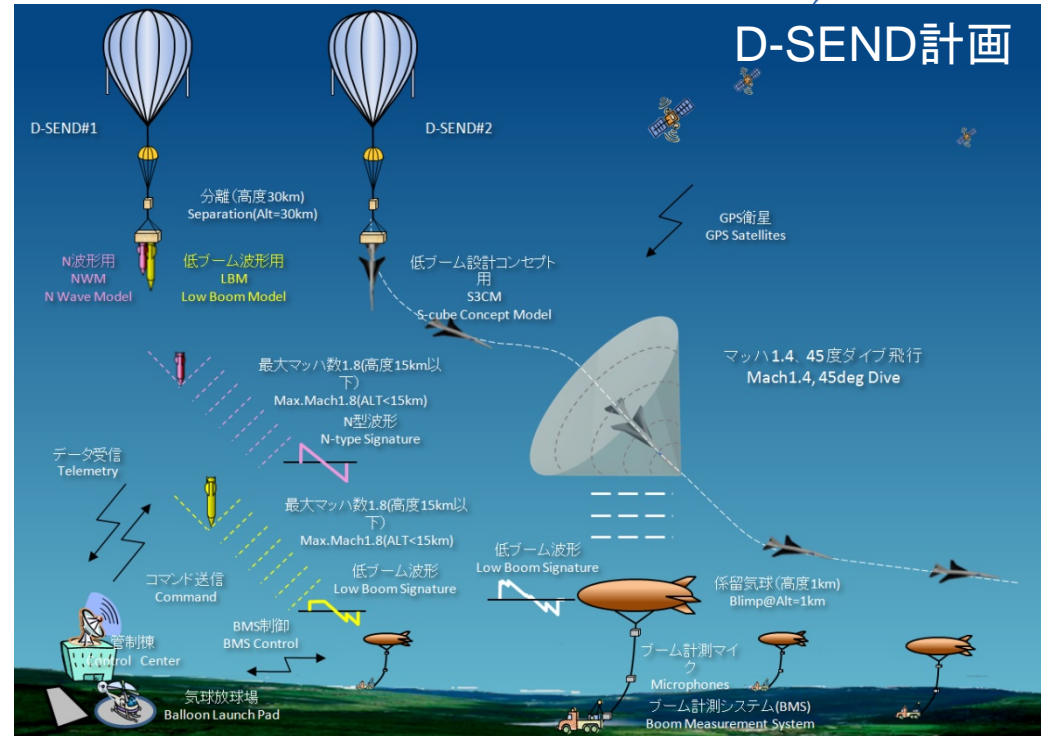
**目的:** 空中boom計測技術確立/低boom波形計測可能性の確認

**効果:** ICAOに情報を提供し、国際協力に貢献

### ●D-SEND#2:

**目的:** JAXA独自の低boom設計コンセプトを実証

**効果:** 世界的な優位技術の獲得と我が国産業界への技術移転による国際競争力強化に貢献



## 次世代SSTの技術課題とJAXAにおける技術目標

技術課題	JAXAにおける技術目標	JAXAにおける達成状況
①ソニックboom低減	ソニックboom強度の半減(比較対象:コンコルド技術)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シミュレーション値; boom強度約54%低減を達成</li> <li>・機体設計コンセプトの妥当性を風洞試験で確認</li> </ul>
②離着陸騒音低減	ICAO基準 Chap.4に適合	<ul style="list-style-type: none"> <li>・JAXA開発の低騒音可変ノズル付エンジンの騒音低減効果を解析評価中。効果を確認</li> </ul>
③低抵抗化	揚抗比 8.0以上	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シミュレーション値; 揚抗比8.1[最大8.9]を達成(但し、boom強度は約30%低減のレベルの条件)</li> </ul>
④軽量化	構造重量 15%減(比較対象:コンコルド技術)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低コスト複合材の改良製法(高精度VaRTM製法)について、技術的目処付け</li> </ul>

○各技術課題への取り組み方法としては、これまでの計画に従って「要素技術の研究開発」により推進する。  
○但し、①のソニックboom低減技術の中核的技術としての設計コンセプトについては、その高い独自性と国際的優位性の観点から、成果の早期創出・還元が望まれるため、低boom/低抵抗設計の機体を用いた気球による**コンセプト確認落下試験(D-SEND計画)**により実証する。

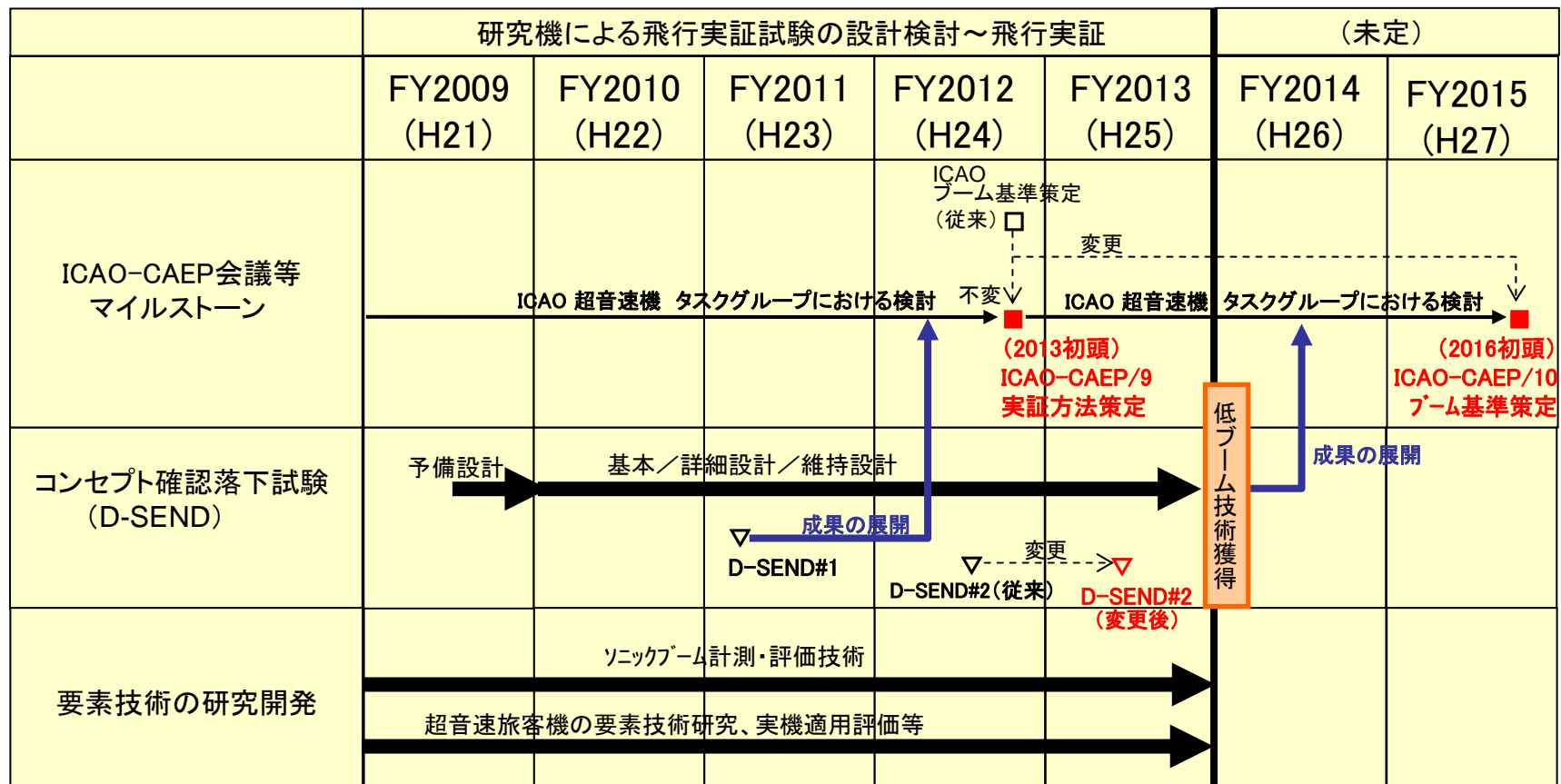
# D-SEND計画：第32回委員会からの変更点



計画の詳細検討やICAO基準策定ロードマップの変更を踏まえ、2つの変更点

1. D-SEND#2の飛行実験時期を平成25年7-8月へと1年後ろ倒し
2. D-SEND#2の機体仕様を回収から非回収に変更

## 【スケジュール】





# 【最近の取組(1)】公募型研究制度の導入と実施

空へ挑み、宇宙を拓く



## (1)背景

- 日本航空宇宙学会リエゾン委員会が、JAXAとの研究協力のあり方について検討を行い、大学における航空分野のイノベーション研究の振興を図ると同時に、高度な技術を習得する大学院生やポスドクの育成を支援できるような公募型研究制度の導入を提言。
- JAXAでは、外部関係機関との協力拡大による成果の効果的創出を狙いとして公募型研究制度の導入を決定。航空プログラムグループが進めている研究開発について、研究目的、獲得すべき技術内容、研究課題等を提示し、これに資する新たな研究アプローチによる研究提案を公募。

## (2)公募概要と結果

### ①公募対象分野

「静粛超音速機技術の研究開発」

### ②実施期間

平成22年度～(最長3年間)

### ③資金規模

- 上限1,000万/1件(約400万円/年)
- 総額3,900万以下(約1,300万円/年)

### ④結果

- 応募数:17件(大学:12、企業:5)
- 審査委員会の議論を経て、右表の10件(大学:8、企業:2)を採択
- 経費総額(概算)は、3,733万円(平成22～24年度)

No	研究課題名	応募機関	応募者	研究期間
1	ロバスト性を考慮したトポロジー最適解群による航空機構造部材形状最適設計	東京工業大学	轟章 (教授)	FY22～FY24
2	高マッハ数壁乱流における摩擦抵抗の低減に関する基礎的研究	慶応義塾大学	深淵 康二 (専任講師)	FY22～FY24
3	インテークバズの発生メカニズム解明とその制御	東京農工大学	亀田 正治 (教授)	FY22～FY24
4	クラスター型超音速インテークに関する研究	川崎重工業 (各務原市)	園田 誠一 (上級専門職)	FY22～FY24
5	エンジン排気を含む空力特性推算数値解析技術の研究	諏訪東京理科大	雷 忠 (准教授)	FY22～FY24
6	気球落下超音速飛行実験の飛行経路検討 ー飛行軌道設計における動的計画法応用の研究	九州大学	宮沢 与和 (教授)	FY22～FY23
7	小型超音速旅客機用エンジンの性能検討	IHI	浅子知昭 (主査)	FY22～FY24
8	プラズマ流体アクチュエータによる超音速航空機の離着陸時空力性能改善	鳥取大学	松野 隆 (講師)	FY22～FY24
9	環境適合超音速機の多点設計に関する研究	首都大学東京	金崎 雅博 (准教授)	FY22～FY24
10	エンジン排気を含む空力特性推算数値解析技術の研究	東北大学	佐々木 大輔 (助教)	FY22～FY23

# 【最近の取組(2)】飛行実験等への参加学生の公募

空へ挑み、宇宙を拓く



～APGプロジェクトにおける学生教育としての場の提供～

## (1) 背景

①第32回航空科学技術委員会(平成21年8月25日)での議論において、JAXAより航空教育の活性化、航空技術者確保、プロジェクトへの積極的な参画促進を提案。

②テストケースとして、平成21年9月に実施した実機ソニックブーム計測試験(その1)に連携協定のある大学の学生が参加。

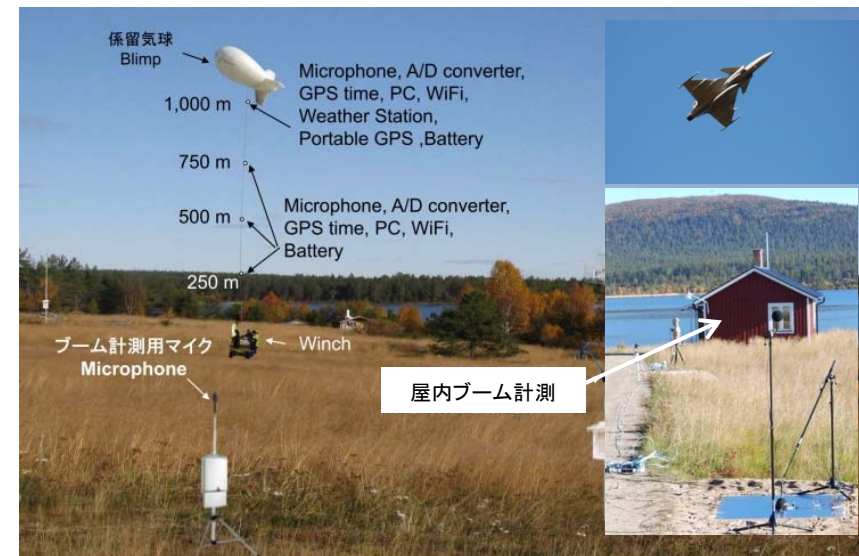
⇒参加学生及び指導教官から、航空技術の研究開発に係る大規模試験や海外機関との協力など、有意義な経験を積むことができたとの評価。  
(当該学生は航空機メーカーに就職)



実機ソニックブーム計測試験  
(後方は空中ブーム計測のための係留気球)

## (2) 実機ソニックブーム計測試験への学生参加の公募

- ①公募：HP等を用いて、理科系大学院生を対象
- ②書類：履歴書、小論文(理由、研究内容)、推薦書等
- ③選考：APG超音速機チームが書類審査
- ④公募条件：
  - 人数：1～2名(国内理科系大学院生)
  - 研修：JAXA技術研修生として、8月下旬及び9月下旬にJAXAで3日間の研修と9月中旬(約1週間)のスウェーデンにおける実機ソニックブーム計測試験での支援作業
- ⑤公募結果：
  - 5名の応募に対して1名(東北大学)を採用
  - 地上ブーム計測支援を実施(9/9)
  - 帰国後のデータ解析支援を実施(10/6-8)



実機ソニックブーム計測試験  
(左：空中計測システム、右上：今回用いた超音速機、右下：屋内ブーム計測)

# 主な成果(1)



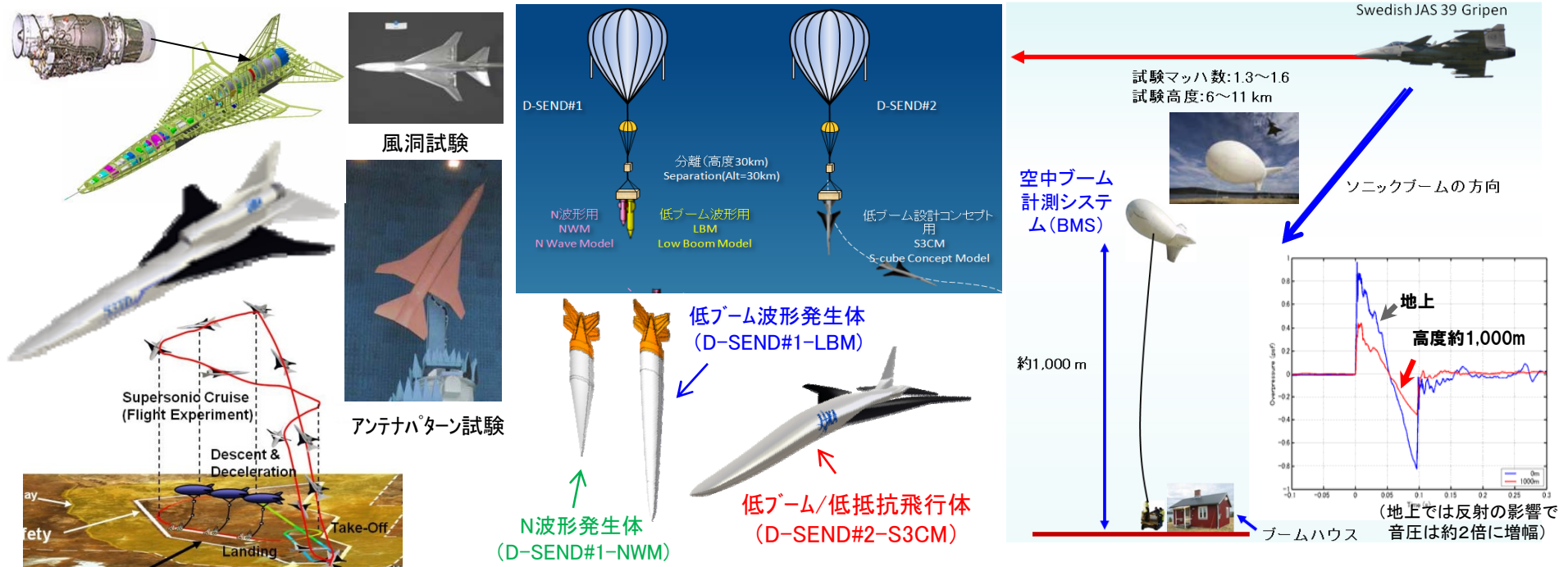
## 1. 研究機による飛行実証

### (1) 静粛超音速研究機の開発・飛行実験

- ・基本設計作業及び関連試験を行い、システム仕様及び基本計画図等を確定(平成21年度)

### (2) コンセプト確認落下試験(D-SEND)

- ・D-SEND計画への見直し(平成21年8月)に伴い、システム概念検討や予備設計を完了。
- ・技術提案要請を実施し、業者選定を完了後(平成22年2月)、選定業者とコスト/スケジュール等の細部調整を行い、システム仕様の確定(平成22年7月)。
- ・D-SEND#1について、スウェーデン宇宙公社と契約を締結(平成22年7月)。
- ・空中ソニックブーム計測システム構築の一環として実機ソニックブーム計測試験を実施し、システムの健全性を確認(平成21年9月、平成22年9月)。



【静粛超音速研究機的设计検討】

【コンセプト確認落下試験(D-SEND)】

【実機ソニックブーム計測試験】



# 主な成果(2)



## 2. 要素技術の研究開発

- ・静粛超音速研究機の基本設計において各種関連試験・解析を実施するとともに、複数の模型支持法を使うことで後端ブームも含めて**低ブーム特性(54%低減)を風試で検証**。またD-SEND用供試体空力形状(ベースライン)を設計完了。
- ・ソニックブーム近傍場波形を効率的・高精度に予測する**高精度近傍場圧力推算手法を開発**。
- ・ブームシミュレータによる評価指標に関する被験者試験を行い、NASAと同等の評価結果を確認
- ・低コスト複合材構造設計への適用を想定した**構造重量と損傷許容性の2目的最適設計法を開発し、有効性を確認**。
- ・**機首部の自然層流域を拡大する表面形状を考案、その効果を解析・実験で確認後、特許を出願**。



近傍場ブーム波形取得

【低ブーム効果確認風試】

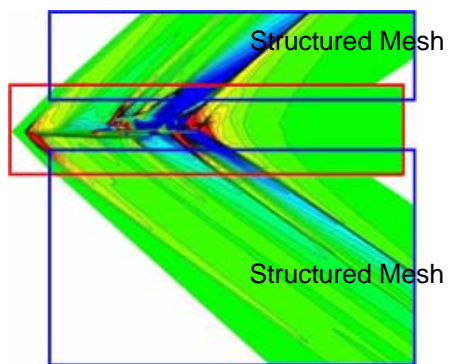
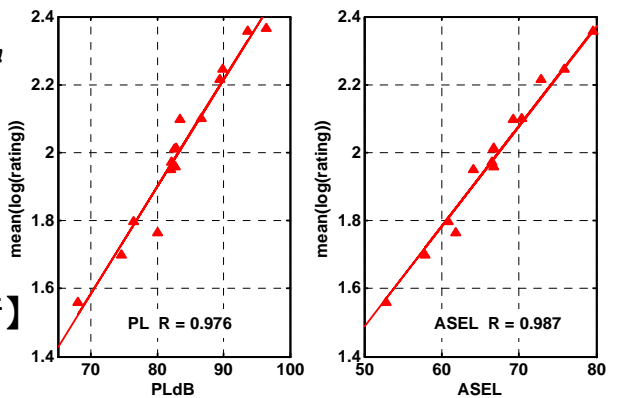


低コスト複合材主翼構造



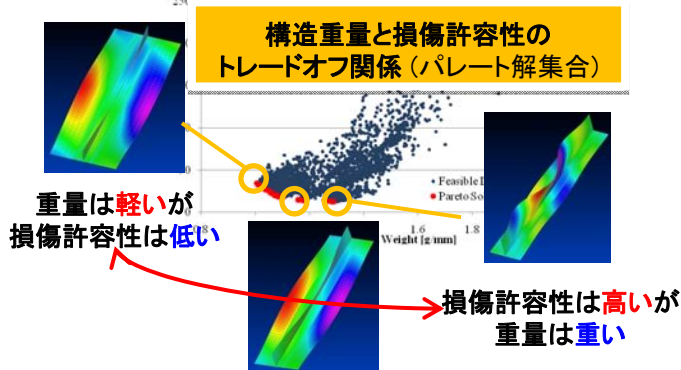
ブームシミュレータを用いた被験者試験

【ソニックブーム評価技術】



UPACS/TAS重合格子法

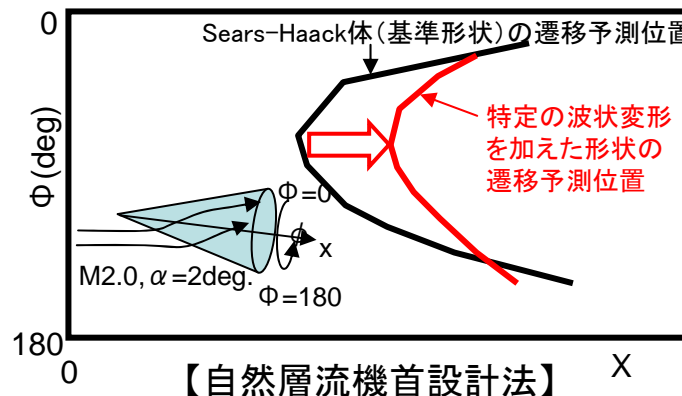
【高精度近傍場圧力推算手法】



構造重量と損傷許容性のトレードオフ関係(パレート解集合)

GAIによる多目的最適設計

【2目的最適構造設計法】



【自然層流機首設計法】



# 今後の取組(予定)

## 【コンセプト確認落下試験(D-SEND)】

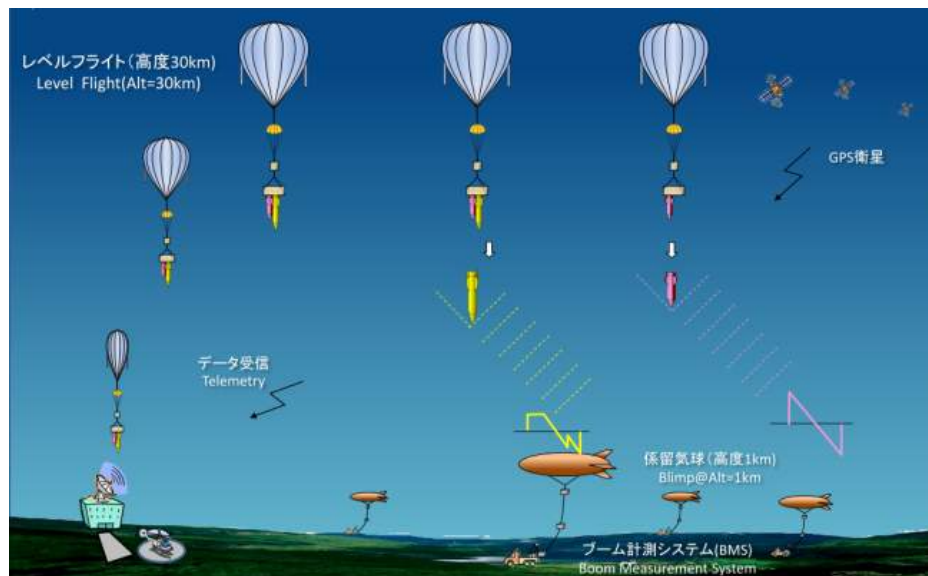
- D-SEND#1実験(平成23年4-5月実施予定)に向けた準備作業を着実に継続。
- D-SEND#2の飛行実験に向けた準備作業を着実に実施。

特に、H23年度は、

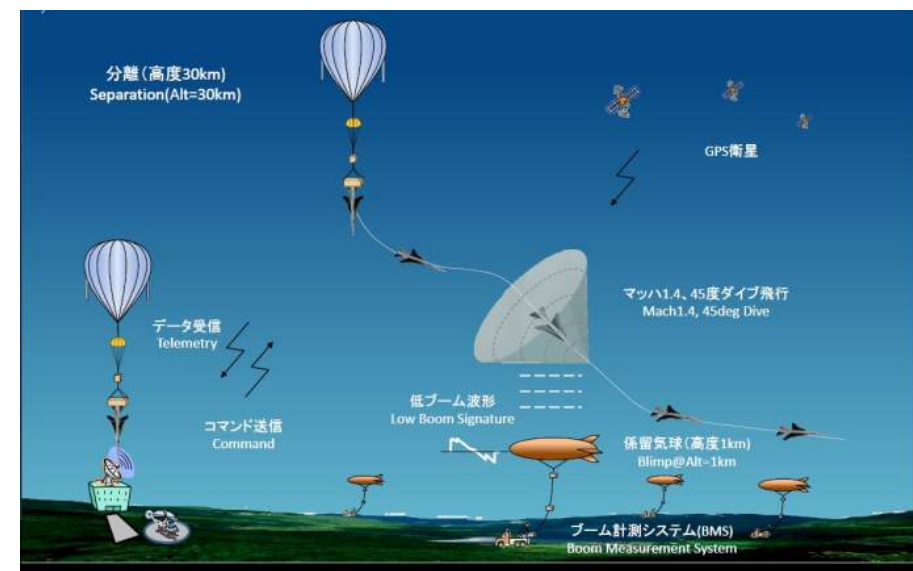
- D-SEND#1実験の実施(平成23年4-5月実施予定)
- 実機ソニックブーム計測試験の実施

## 【要素技術研究】

- ソニックブーム評価技術、低抵抗化技術、軽量化技術、離着陸騒音低減化技術、小型超音速旅客機に関する概念検討、等の研究を継続。



D-SEND#1



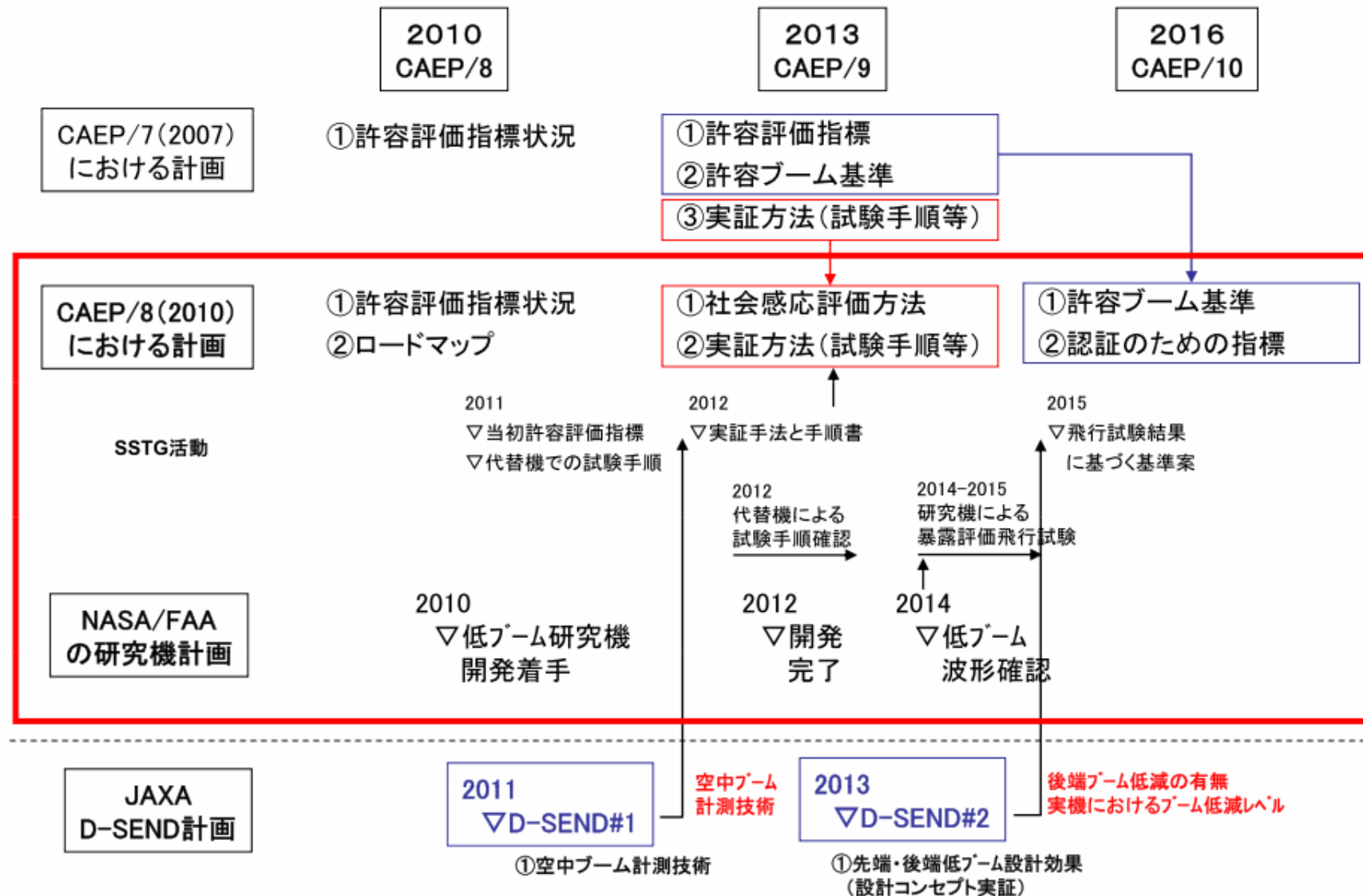
D-SEND#2



# 参考資料



# 【参考1】 最近のブーム基準策定と米国の動き



# 【参考2】H21年度の研究連携状況







# 【参考3】 国際動向

## 【国際民間航空機関(ICAO)航空環境保全委員会(CAEP)の動向】

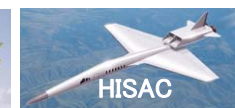
- ◆民間超音速機の環境基準策定のスケジュール(ICAO CAEP/8 2010年2月)
  - ・2013年(CAEP/9) ソニックブーム実証方法の策定
  - ・2016年(CAEP/10) ソニックブーム環境基準の策定
- ◆JAXAのソニックブーム基準検討への参加
  - ・ICAO CAEP 2007年2月にJAXA職員をResearch Focal Point に任命(2010年2月に再任)
  - ・RFP(3名:米国、仏国、JAXA)の役割:ソニックブーム基準検討における科学的・技術的根拠の調査及びICAO CAEPへの提示・報告



NASA委託を受けたボーイングの低ブーム技術実験機

## 【米国動向】

- ◆NASAの航空予算は、SST研究に継続的に年40~60百万ドルを投入。
- ◆NASAでソニックブームに与える揚力分布等の影響を調査する飛行実験を実施(右上図2009年1月)
- ◆NASAは低ソニックブーム実験機の飛行実験を計画中(右中図)
- ◆ボーイング、ロッキードマーチンの大手企業もNASAにエンジンメーカーと共同で将来SST概念を提案、採択されて研究実施中(18ヶ月で424万ドル)
- ◆アエリオン、SAIのベンチャーがそれぞれ2014年、2015年の市場投入を目標にSSBJを開発中
- ◆SAIはロッキードマーチンと組んで低ブームSSBJを開発中



## 【欧州動向】

- ◆EUの統合プロジェクトとしてHISAC(High Speed Aircraft)プロジェクトを推進中。第1フェーズ(2005年末~2009年10月)までで26百万ユーロの予算。低ソニックブーム化の研究に焦点。但し、現時点、第2フェーズは未定。今後の社会情勢に応じて判断
- ◆ダッソー、スホーイはHISACでの成果をベースにSSBJの開発検討を実施中

ICAOにおいてソニックブーム環境基準等の超音速機の国際環境基準策定に向けた検討が着実に進捗中  
 欧米においてもソニックブーム低減を中心とした研究開発が進められているところ。  
 特に、NASAは飛行実証も視野に入れたソニックブーム研究を強化。

## 【参考4】国内動向・ニーズ

### 【産業界の動き】

- ◆官民を含めわが国の関係機関が一同に会する「超音速輸送機連絡協議会」が設置され、次世代SSTの実用化検討を開始(H20.1)
  - ・わが国の最終目標、役割分担、連携方法等の協議、研究開発の進め方(アクションプランのとりまとめ、フォローアップ)を議論
- ◆日本航空宇宙工業会(SJAC)が、超音速機技術に関する日仏共同研究協定(H17.6調印)を、3年間延長(H20.7)
  - ・5項目の共同研究を継続実施 (①機体及びエンジン仕様、②エンジン騒音軽減技術、③ジェット騒音伝搬解析技術、④複合材構造製造時修理技術、⑤耐熱複合材技術)

### 【各界からの期待・ニーズ(第29回／第30回航空科学技術委員会 ヒアリング資料より)】

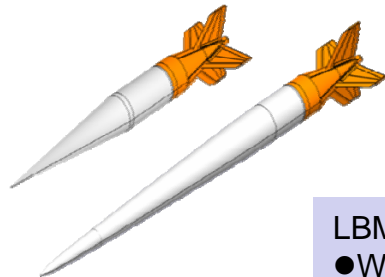
- ◆関係省庁
  - 経産省
    - ・一歩先を行く基盤的技術の開発  
(例:超音速機用耐熱複合材等の新材料開発、超音速飛行中のフラッタ解析法の精度アップ等の解析手法の開発)
    - ・産業界のニーズを踏まえた研究リソースの配分
  - 国交省
    - ・ICAO国際標準の検討における一層の知見の提供
  - 防衛省
    - ・超音速機等の三次元・耐熱複合材料技術に係る試験データ等の情報交換を通じた双方の研究の効率化
- ◆産業界
  - SJAC
    - ・超音速輸送機の実現に必要な基礎研究・基盤的研究開発 (①空力技術、②構造技術、③エンジン技術、④システム技術)
    - ・国際環境基準策定検討への技術的協力
      - ※将来における超音速輸送機の実現を想定したICAO環境基準の策定が見込まれる中で、わが国の技術水準を反映したインプットを行うことができれば、産業界の戦略上のメリットになるとともに、わが国技術力のアピールにもなることが期待される。
      - こうしたインプットを行う基礎とすべく、コンセプト段階から実証段階までの基礎研究・基盤的研究開発を、テーマ間のバランスに配慮しつつ進めていただくことも重要。
    - ・産業界ニーズを反映し、集中と選択による戦略的な研究開発計画の立案。他機関とうまく連携した成果の最大化努力。
    - ・米国(NASA)等と同様に、飛行試験を含む幅広い分野の研究の推進。
- ◆学界
  - 日本航空宇宙学会
    - ・環境先進国として航空分野でも世界を牽引する研究開発活動、国際基準作り
    - ・産学官牽引(産業界が使える技術実証プロジェクトの計画から実証までの大学の参画、アイデア吸上等)
    - ・人材育成(人事交流を通じた産・JAXAの人材不足補填・人材開発、実践教育、インターンシップ受入等)

# 【参考5】D-SENDシステム概要

## D-SEND#1

NWM

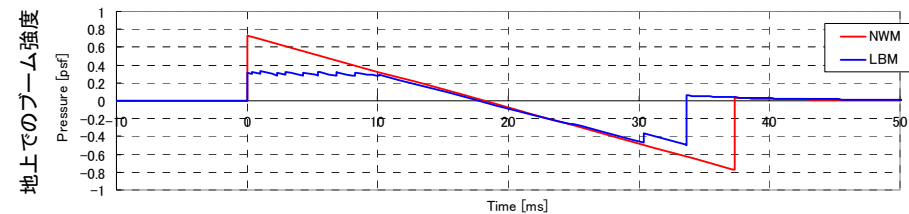
- W=630kg
- LxDia.=5.6m×Φ0.613m



LBM

- W=700kg
- LxDia.=8m×Φ0.613m

- (1)軸対称体供試体による空中ブーム計測技術の確立
- (2)低ブーム波形計測可能性確認(N波と低ブーム波形の比較)
- (3)D-SEND#2予備試験(試験習熟、計測方法等)



地上で観測されるソニックブーム波形

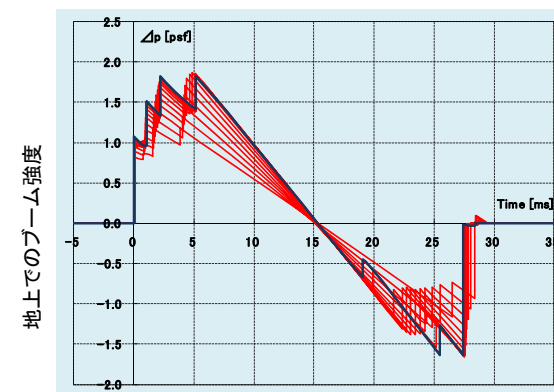
## D-SEND#2



S3CM

- W=1000kg
- LxDia.=7.7m×0.48m
- CL=0.12 (M=1.4、H=8km)
- Swing=4.92m<sup>2</sup>

- (1)非軸対称体供試体により先端/後端の低ブーム設計効果を定性的に実証
- (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



地上で観測されるソニックブーム波形

## 【参考6】 実機ソニックブーム計測試験の概要

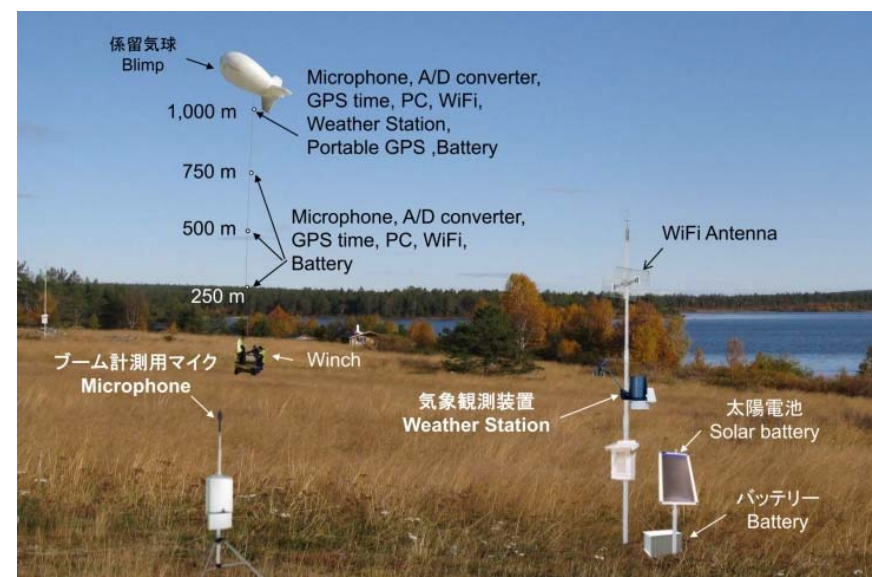
1. 試験実施日： 平成22年9月8, 9日
2. 実施場所： スウェーデン NEAT (Northern European Aerospace Test range)
3. 目的：
  - (1) 計測システムの変更(冗長システムの追加、等)に伴うシステムの再検証
  - (2) 技術研究データの蓄積(種々の地上計測法、マネキンを用いた計測法)
  - (3) D-SEND#2の飛行試験法の妥当性の確認
  - (4) 人材育成(学生の計測支援員を公募の結果、5名の応募に対して1名(東北大学)を採用)

### 4. 試験概要

- (1) 試験状況: SAAB JAS39 (Gripen)による3条件の6飛行を実施。
  - ① D-SEND#2飛行状態 (M=1.3で経路角 $50^\circ$  のダイブ飛行(ソニックブームが鉛直上方から伝播してくる条件))
  - ② 上記条件に対して機体下面に付加物を付けた場合
  - ③ ケース①とソニックブームの伝播距離が等しい水平飛行

### (2) 試験結果

- ・地上計測により、上記目的(1)(2)(4)を達成
- ・空中計測に関しては、スウェーデン宇宙公社が運用する気球上昇中の不具合により未実施のため、上記目的(3)は未達。H23年5月に再試験予定。







# 【参考7】 関係機関の役割と連携体制

