



## APG公募型研究報告会



# 静粛超音速機技術の研究開発(S3)の紹介

### 内容

1. はじめに ~コンコルドの課題、次世代SSTの主要技術課題~
2. JAXAの超音速機技術の研究計画
3. 「静粛超音速機技術の研究開発」の概要
4. D-SEND計画の概要
5. JAXA/APGの研究概要
6. 公募型研究への提案
7. おわりに ~SST実現に向けたロードマップ、まとめ~

平成22年 11月26日

(独)宇宙航空研究開発機構 航空プログラムグループ 超音速機チーム



## 1. 序: (1)コンコルドの課題、等



### コンコルドの性能

飛行速度 マッハ2  
 航続距離 約6,400km(3,400nm)  
 乗客 100人  
 大西洋横断  
 (約3.5時間)



### 環境適合性の不足

**大きなソニックブーム**  
 近くに雷が落ちた時の音(陸上超音速飛行禁止)

**大きな離着陸騒音**  
 削岩機よりも大きな音(乗り入れ空港限定)  
 B747の100倍以上の騒音

### 経済性(機体性能)の不足

**大きな燃料消費**  
 燃料消費(乗客1人当たり)はスポーツカー並  
 1フライトで約90トンの燃料消費  
 (5.5km/燃料1ℓ/乗客1名=B747  
 の3.5倍の運航コスト)

低い運航効率(高運航コスト+路線限定、等)

エアラインにとって、採算をとることが難しい機体  
 墜落事故(2000年)

2003年10月:商用超音速運航終了(27年間)

但し、ロンドン・パリ〜ニューヨーク・ワシントン路線で毎年約24万人が利用(全体の3.7%)

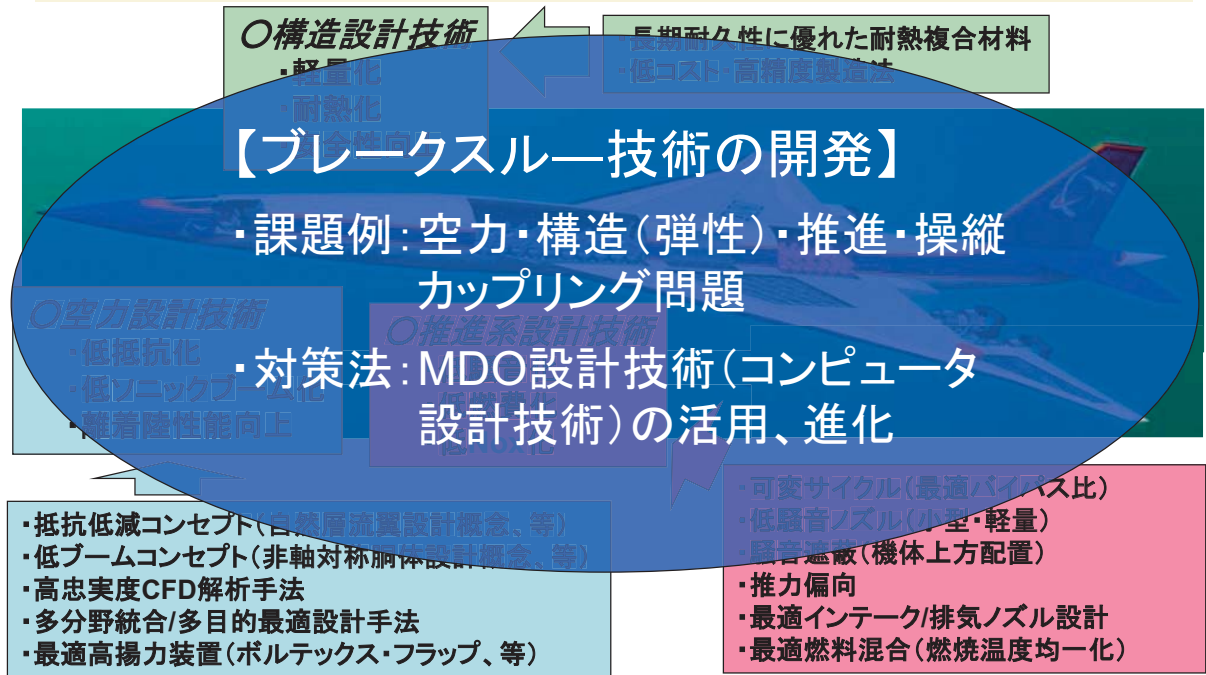
➡【エコノミークラス+α】空間で【ファーストクラス+25%】プレミアム運賃でも確実な利用者<sub>2</sub>



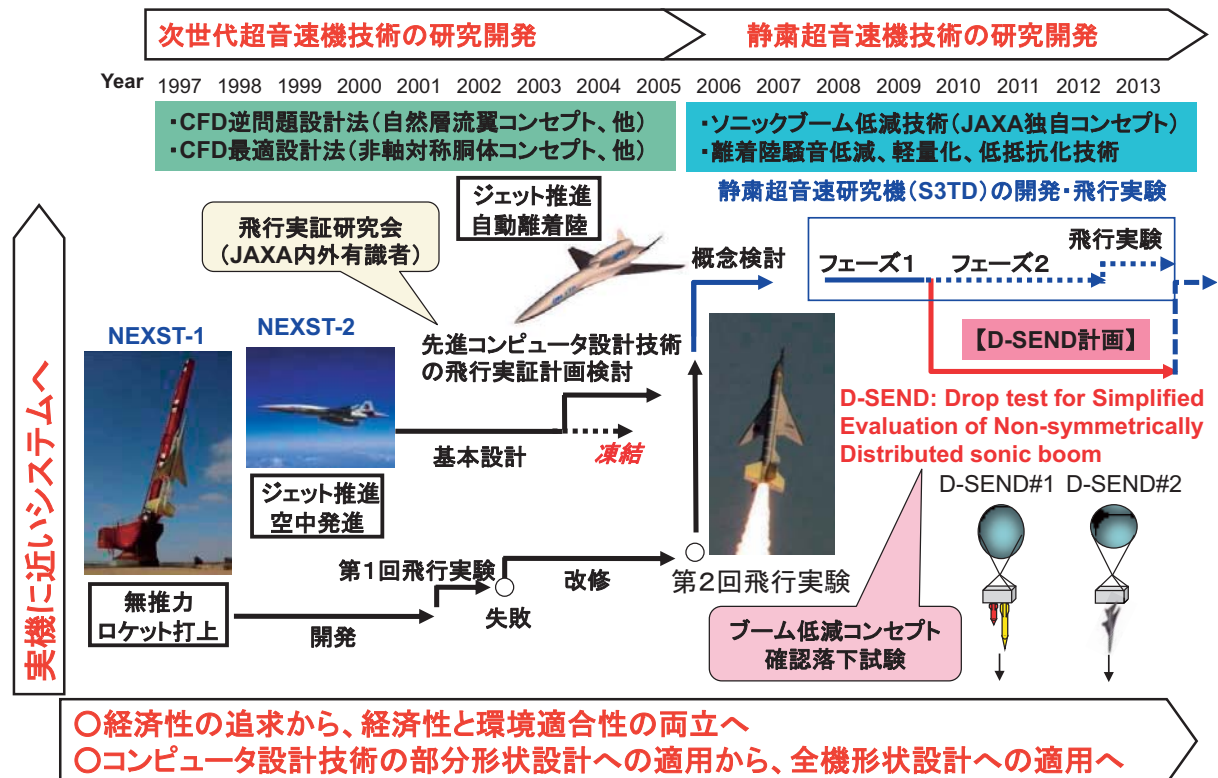
## 1. 序: (2)次世代SSTの主要技術課題



- 経済性: 低抵抗化、軽量化、高効率推進系、等
- 環境適合性: ソニックブーム低減、離着陸騒音低減、排気ガス低減、等



## 2. JAXAの超音速機技術の研究計画





### 3. 「静粛超音速機技術の研究開発」の概要(1/2)



#### 研究開発の目的

将来航空輸送のブレークスルーとしての超音速旅客機の実現を目指して「静かな超音速旅客機」の実現に必要な鍵技術を獲得し、航空機開発の先導役として、**航空機製造産業の発展と将来航空輸送のブレークスルーに貢献**

#### 研究開発の目標

次世代超音速旅客機の実現に必要な重要技術課題を克服する技術を獲得することの一環として、本研究開発終了時(2010年代半ば)に、**小型超音速旅客機(技術参照機体)の実現を可能とする技術目標を達成する**

#### 技術参照機体概念「小型超音速旅客機」



全長 : 47.8 m  
全幅 : 23.6 m  
全高 : 7.3 m  
主翼面積 : 175 m<sup>2</sup>  
アスペクト比 : 3.0  
全備重量 : 70 トン

乗客数 : 36-50人(全席ビジネスクラス)  
巡航速度 : マッハ1.6  
航続距離 : 3,500nm以上  
ソニックブーム : 従来設計に比べて強度半減  
空港騒音 : ICAO基準(Chap.4)に適合

#### 技術目標

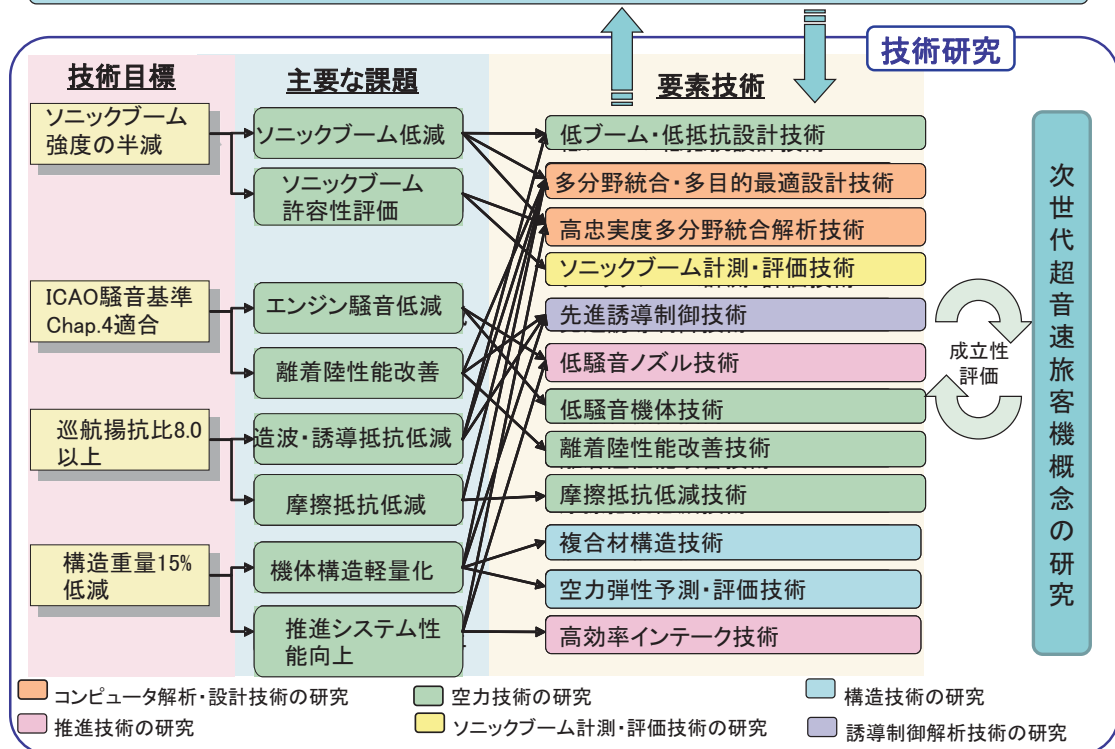
課題	技術目標
ソニックブーム低減 【最優先課題:飛行実証】	ソニックブーム強度の半減 (比較対象:コンコルド技術)
離着陸騒音低減	ICAO基準 Chap.4に適合
低抵抗化	揚抗比 8.0以上
軽量化	構造重量 15%減 (比較対象:コンコルド技術)



### 3. 「静粛超音速機技術の研究開発」の概要(2/2)



#### S3TD (静粛超音速研究機の開発・飛行実験)/D-SEND (コンセプト確認落下試験)





## 補足. 静粛超音速研究機の基本設計検討



コンピュータ設計技術を全機形状設計に適用した低ソニックブーム・コンセプトの無人超音速ジェット機を設計・開発し、そのコンセプトと設計技術を飛行実証する

**基本設計**

空力・構造二分野多目的最適設計技術

安全帰還のための航法誘導制御技術

複合材表面パネル

複合材主翼構造 (VaRTM等)

低ソニックブーム設計コンセプト(特許)適用

アンテナパターン試験

構造設計

風洞試験

適用材料部位

CFRP AL Ti AL CFRP AL CFRP AL

**飛行計画**

### 4. D-SEND計画の概要(1/3)

**OD-SEND計画: 低ソニックブーム設計概念実証計画**

**スウェーデンNEAT実験場**

気球放球場 Kiruna

8





## 4. D-SEND計画の概要(1/3)



### OD-SEND計画:低ソニックブーム設計概念実証計画



**D-SEND#1**  
 分離 (高度30km)  
 N波形用モデル  
 低ブーム波形用モデル  
 最大マッハ数1.8 (高度15km以下)  
 N型波形  
 低ブーム波形  
 最大マッハ数1.8 (高度15km以下)  
 データ受信  
 コマンド送信  
 管制棟  
 気球放球場  
 BMS制御  
 ブーム計測システム(BMS)  
 Tethered Balloon (Blimp)

### スウェーデンNEAT実験場



気球放球場 Kiruna  
 GPS衛星

9



## 4. D-SEND計画の概要(1/3)




### OD-SEND計画:低ソニックブーム設計概念実証計画



**D-SEND#1**  
 分離 (高度30km)  
 N波形用モデル  
 低ブーム波形用モデル  
 最大マッハ数1.8 (高度15km以下)  
 N型波形  
 低ブーム波形  
 最大マッハ数1.8 (高度15km以下)  
 データ受信  
 コマンド送信  
 管制棟  
 気球放球場  
 BMS制御  
 ブーム計測システム(BMS)

### スウェーデンNEAT実験場



気球放球場 Kiruna  
 GPS衛星

10



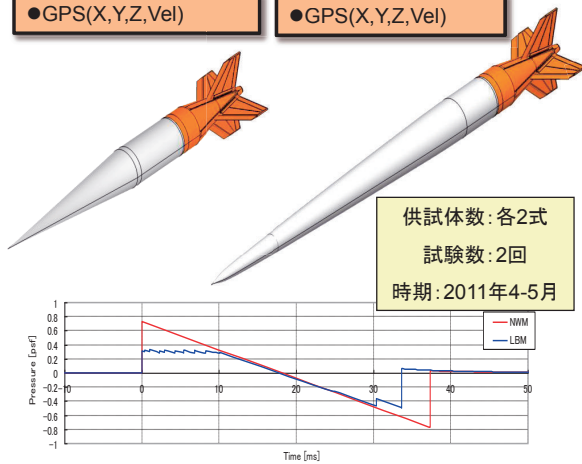
### 4. D-SEND計画の概要(2/3)



#### 【D-SEND#1試験計画】

D-SEND#1落下試験では、N波を発生する軸対称体(NWM)及び低ブーム波形を発生する軸対称物体(LBM)を気球により高度約30kmから順次自由落下させ、マッハ1.4以上の速度に加速し、地上及び空中に設置したマイクによりブーム波形を計測する。

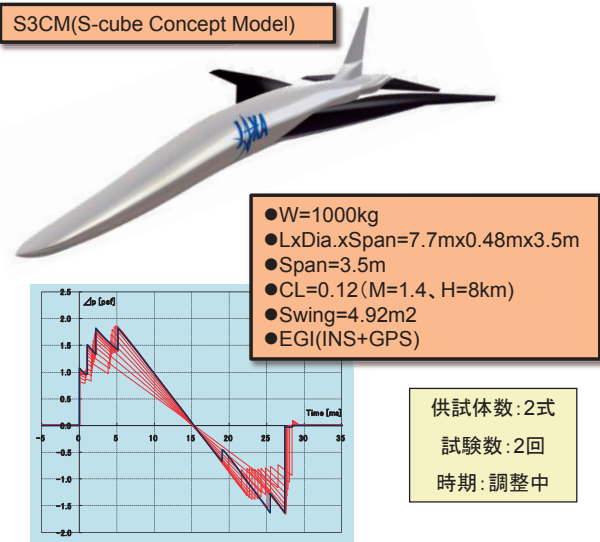
- | NWM(N Wave Model)   | LBM(Low Boom Model) |
|---------------------|---------------------|
| ●W=630kg            | ●W=700kg            |
| ●LxDia.=5.6m×Φ0.62m | ●LxDia.=8m×Φ0.62m   |
| ●GPS(X,Y,Z,Vel)     | ●GPS(X,Y,Z,Vel)     |



#### 【D-SEND#2試験計画】

D-SEND#1と同様の気球システムを用いて先端及び後端が低ブーム化された3次元揚力体(S3CM)を高度約30kmまで上昇させ、地上にてブームが計測可能な位置に到達した段階で順次、垂直に自由落下させる。供試体は、垂直自由落下により速度を得た後、ブーム計測が可能な位置まで滑空し、地上にてブーム波形が計測可能な姿勢とマッハ数1.3を5秒(TBD)以上保持する。

- S3CM(S-cube Concept Model)
- W=1000kg
  - LxDia.xSpan=7.7m×0.48m×3.5m
  - Span=3.5m
  - CL=0.12(M=1.4, H=8km)
  - Swing=4.92m<sup>2</sup>
  - EGI(INS+GPS)



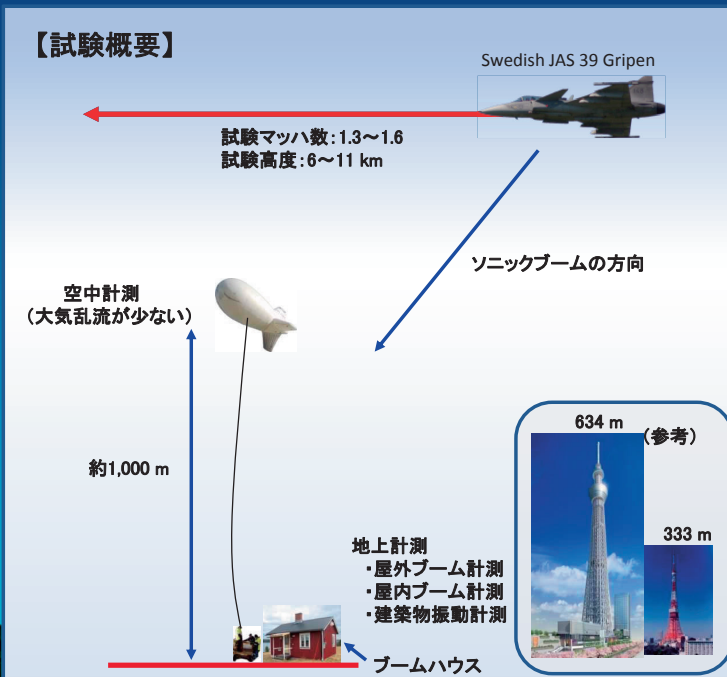
### 4. D-SEND計画の概要(3/3)



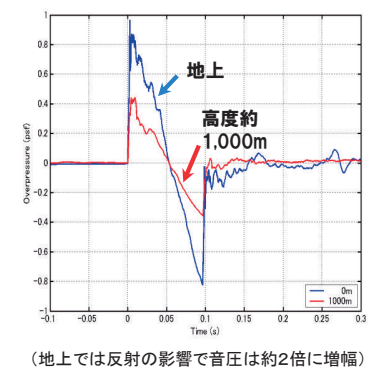
#### ○空中ブーム計測システム試験(ABBA Test\*)

\* ) ABBA Test = Airborne Blimp Boom Acquisition system Test

#### 【試験概要】



#### 【試験結果】計測システムを検証





## 5. JAXA/APGの研究概要(1/3)



### 次世代超音速旅客機概念の研究

- ・小型超音速旅客機の機体概念検討
- ・先進的超音速旅客機概念の研究
- ・次世代超音速旅客機の市場性・波及効果の調査

### コンピュータ設計・解析技術の研究

- ・多分野統合・多目的最適設計技術の研究
- ・高忠実度多分野統合解析技術の研究

### 空力技術の研究

- ・低ブーム・低抵抗設計技術の研究
- ・低騒音機体技術の研究
- ・離着陸性能改善技術の研究
- ・摩擦抵抗低減技術の研究

### 誘導制御技術の研究

### 構造技術の研究

- ・複合材構造技術の研究
- ・空力弾性予測・評価技術の研究

### 推進技術の研究

- ・低騒音ノズル技術の研究
- ・高効率インテーク技術の研究

### 国内外共同研究/研究委託/研究交流

- ・ソニックブームモデリング(NASA)
- ・境界層遷移(ONERA、NASA)
- ・インテーク設計技術(JADC-FHI)
- ・先進的制御技術(九大)
- ・多分野融合最適設計技術(首都大学東京)
- ・低速性能改善(諏訪東京理科大)
- ・建築物振動(小林理研)、他

### ソニックブーム計測・評価技術の研究

- ・ソニックブーム計測技術の研究
- ・ソニックブーム評価技術の研究

- ・ブーム伝播解析技術(名古屋大、東北大):委託
- ・超音速機用エンジン性能検討(IHI):委託
- ・商用SST情報交換(Boeing):研究交流



## 5. JAXA/APGの研究概要(2/3)



### OH21年度の研究連携状況







## 補足. JAXA/APGの研究概要: H21年度成果



### ◆抵抗低減、ブーム強度低減について単独性能として目標達成

#### 【低ブーム性能の確認】

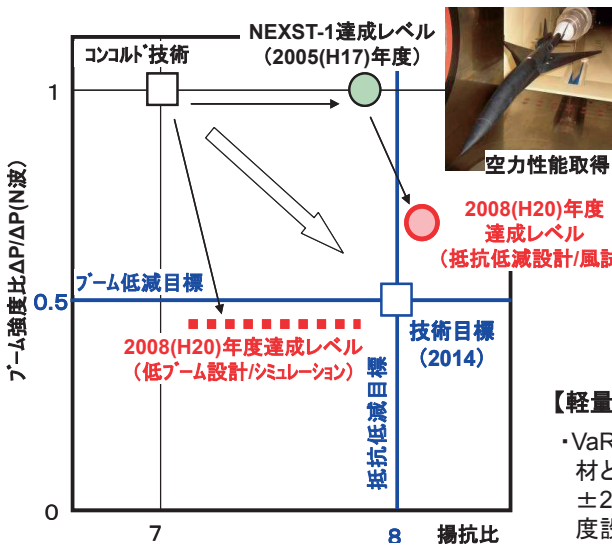
- ・設計コンセプトの妥当性を風洞試験により確認
- ・数値シミュレーションの予測値は、**ブーム強度約54%低減**

#### 【低抵抗(空力)性能の確認】

- ・**巡航揚抗比 8.1[最大8.9]を達成**  
(ブーム強度は約30%低減レベル)



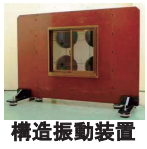
近傍場ブーム波形取得



空力性能取得

#### 【ブーム評価技術の確認】

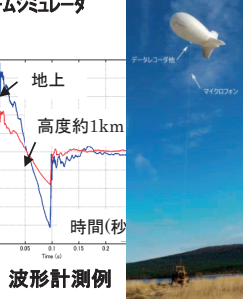
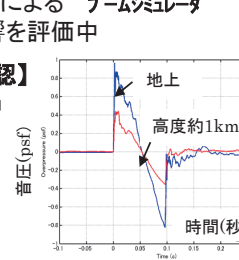
- ・ブームシミュレータによる評価指標を検討中
- ・音響・構造振動装置によるブームシミュレータ窓ガタ付き音の影響を評価中



構造振動装置

#### 【ブーム計測技術の確認】

- ・係留気球による空中ブーム計測システムの開発と実機ブーム計測によるシステム健全性を確認



空中ブーム計測

#### 【離着陸騒音低減効果の確認】

- ・可変ノズル付エンジン騒音評価手法を開発し、JAXA開発の低騒音可変ノズルの騒音低減効果を確認
- ・推力偏向による低騒音化対策効果を騒音予測シミュレーションで確認



低騒音可変ノズ付エンジン騒音評価試験

#### 【軽量化技術の効果の確認】

- ・VaRTM法を改良し研究機主翼を題材とした試作を行って、成型精度±2.0mm以内を達成し、成形法/強度設計の技術見通しを獲得



空力形状との誤差確認試験



## 6. 公募型研究への提案(1/2)



### 次世代超音速旅客機概念の研究

①「小型超音速旅客機用エンジンの性能検討(3年)」(委託研究)

#### 空力技術の研究

- ②「超音速航空機の離着陸性能改善の革新的空力デバイスに関する研究(3年)」(共同研究)
- ③「エンジン排気を含む空力特性推算数値解析技術の研究(2年)」(委託研究)
- ④「超音速航空機形態の非線形空力特性簡易推算手法に関する研究(2年)」(共同研究)

#### 構造技術の研究

⑤「Topology Optimizationによる航空機構造部材形状最適設計(3年)」(委託研究)

#### 推進技術の研究

- ⑥「超音速インテークのディストーション性能評価に関する研究(3年)」(共同研究)
- ⑦「超音速インテークのバズに関する研究(3年)」(共同研究)
- ⑧「クラスタ型超音速インテークのモジュール間干渉に関する研究(3年)」(共同研究)
- ⑨「超音速インテークの制御技術に関する研究(3年)」(共同研究)

#### 誘導制御技術の研究

- ⑩「気球落下超音速飛行実験の飛行経路検討(2年)」(共同研究)
- ⑪「誘導制御の観点による超音速旅客機的设计基準(3年)」(共同研究)
- ⑫「超音速機飛行解析ツールの開発(3年)」(共同研究)

#### ソニックブーム計測・評価技術の研究

- ⑬「ソニックブームによる建築物等のがたつき音の予測技術に関する研究(3年)」(共同研究)
- ⑭「ソニックブーム評価手法に関する研究(3年)」(共同研究)





## 6. 公募型研究への提案(2/2)

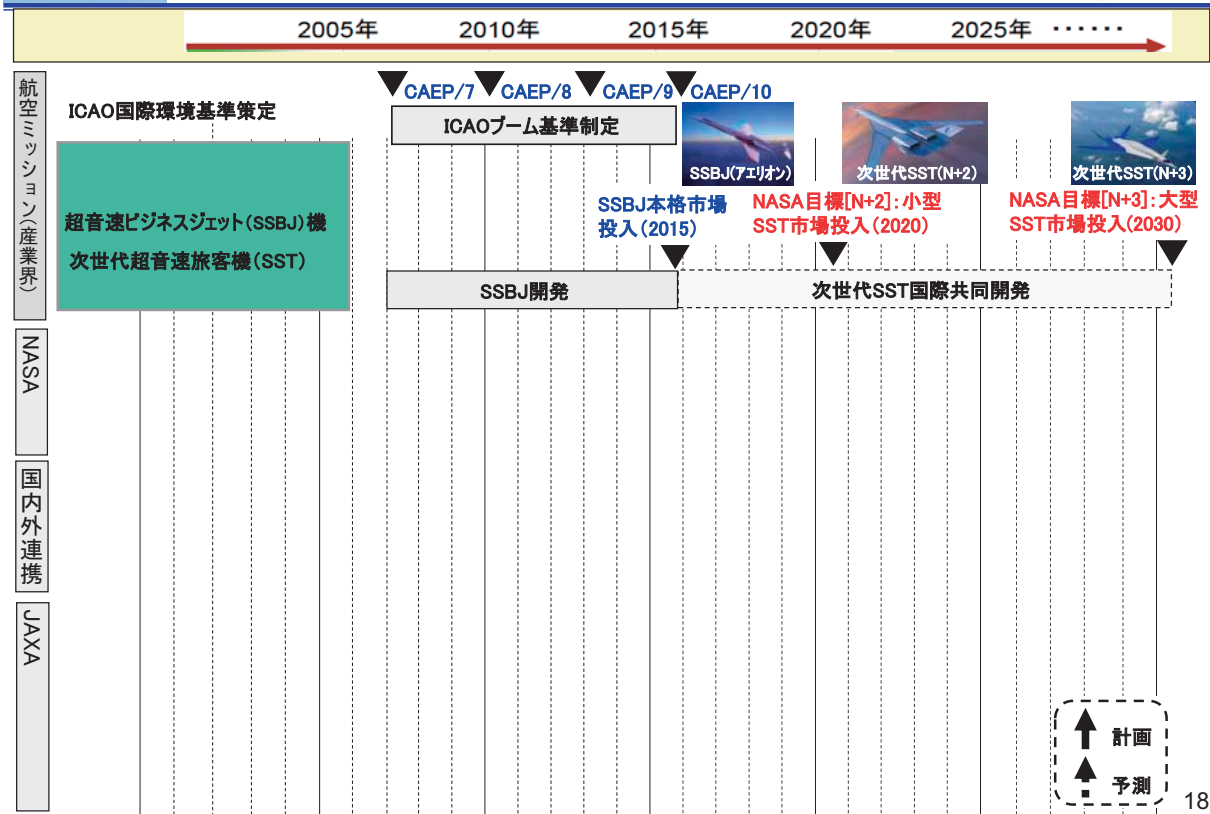


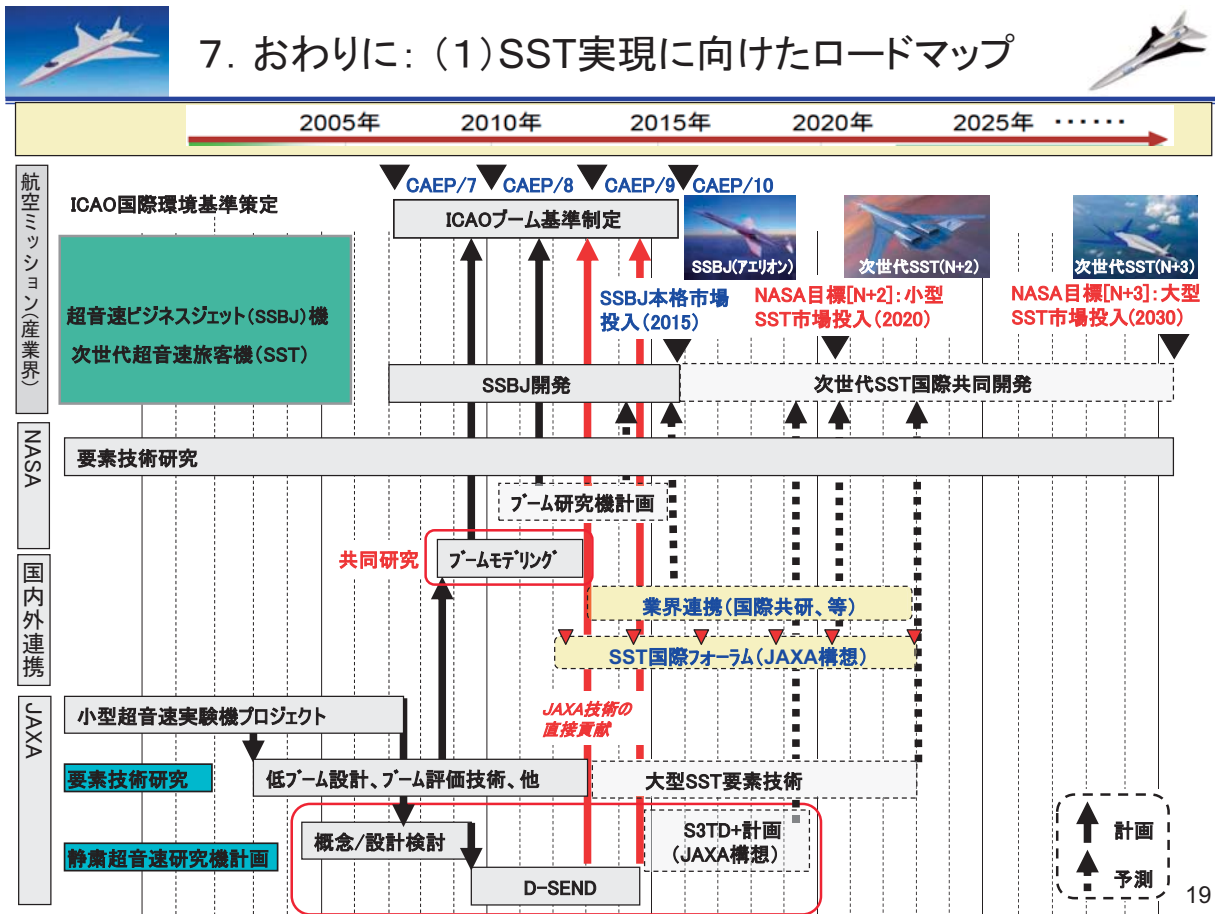
- (1) 公募期間と応募件数: 平成22年4月30日～6月10日、**17件(大学:12件 企業:5件)**  
 (2) 採択結果: **下記10件(大学:8件、企業:2件)、概算経費(提供資金)合計:約3700万(H22～24年度)**

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	深湯 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 - 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



## 7. おわりに: (1) SST実現に向けたロードマップ





### 7. おわりに: (2)まとめ

## 【公募型研究推進の基本方針】

- ・「静粛超音速機技術の研究開発(S3)」計画はJAXA固有のものではなく、我が国の超音速機技術の発展を先導するための国家的プロジェクトと認識
- ・S3計画の技術目標を達成するための研究活動について、産学官のより一層強い連携のもとに、我が国の潜在能力を結集させ、技術力の向上、人材育成、等への貢献を目指したい

**公募型研究による「静粛超音速機技術の研究開発」の促進と連携強化**

- 例: ABBA試験(ブーム計測試験@2010.9)への技術研修生の公募
- ・背景: 昨年のABBA試験での学生参加例(共研相手)
- ・目的: APGプロジェクトによる学生教育の場の提供
- ・公募方法: HP等を用いた公募(1~2名、旅費を支給)
- ・公募結果: 5名の応募に対して1名(東北大学)を採用