



# 静粛超音速機技術の研究開発

(中間評価)



科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会  
第28回航空科学技術委員会

平成20年8月19日  
宇宙航空研究開発機構  
航空プログラムグループ

# 目次



1. 概況	
(1) 社会情勢	・・・ P. 3
(2) 最近の取組と成果	・・・ P. 4～P. 7
(3) 今後の取組	・・・ P. 8
2. 各論	
(1) 研究開発の必要性	・・・ P. 9～P. 12
(2) 研究開発の有効性	・・・ P. 13～P. 18
(3) 研究開発の効率性	・・・ P. 19～P. 22
3. 留意事項への対応	・・・ P. 23～P. 25



# 1. 概況

## 1-1. 社会情勢

### 国際動向

国際連携、国際基準の策定、市場投入の動きが具体化

#### 【国際連携】

##### ・日仏共同研究

2005～2008 日仏産業界間で、共同研究を  
実施中(本年7月に、3年間延長された)

##### ・日米共同研究

**2008.5 NASA/JAXA間で、ソニックブームモデリングに係わる  
国際共同研究の実施を決定**

#### 【市場動向等】

##### ・ベンチャー企業(米:Aerion社\*)

**2007.11 超音速ビジネスジェットへの投資者が確定**

\*同社は、ソニックブーム低減は見送り早期(2014年)市場投入を目指す

#### 【国際基準、国の施策等】

##### ・ICAO\*国際基準 \*国際民間航空機関

2003～ 民間超音速機の基準策定に向け、調査を開始

**2007 民間超音速機に関する国際基準の策定を決定**  
【予定】**2010年:ソニックブーム評価法のドラフト提案**  
**2013年:ソニックブーム基準のドラフト提案**

##### ・米国(NASA)

2007～ 将来の超音速旅客機の研究を実施  
(5ヶ年、総予算;275百万ドル)

**2007. 11 超音速ビジネスジェット(2015年就航)、小型超音速機  
(2020年就航)の機体設計概念を公表**

##### ・欧州(欧州統合超音速プロジェクト(HISAC))

2005末～ 小型超音速機の研究開発を実施中

2009年に目標機体概念を設定予定 (4ヶ年、総予算;26百万ユーロ)

### 国内動向

SST実用化に向けて関係機関が連携し、各役割分担等の検討を開始

#### 【国内連携】

##### ・産官学連携

実用化に向けて関係機関が連携し、  
各役割分担等の検討を開始

**2008. 1 「超音速輸送機連絡協議会」設置**  
※文部科学省/JAXAも参画

##### ・JAXA

本研究開発の推進体制を強化

**2007.9 「静粛超音速機技術に関する外部有識者委員会」の設置**  
※文部科学省も参画

#### 【国の施策等】

2006.3 「第3期科学技術基本計画 分野別推進戦略」  
(総合科学技術会議)

→“重要な研究開発課題”、“戦略重点科学技術”に指定

2006.7 「航空科学技術に関する研究開発の推進方策に  
ついて」(文部科学省)

→重点的に進めるべき課題

2007.7 「静粛超音速機技術の研究開発の推進について」  
(文部科学省)

→推進の具体策をとりまとめ

**2008.4 「JAXAの中期目標を達成するための計画」**



# 1. 概況

## 1-2. 最近の取組と成果

### 最近の取組

関係機関との連携も図りつつ、計画に沿って研究開発を着実に実施。広報活動も積極的に実施。

### 【研究開発の実施状況】

- ・成果目標(政府) (経済産業省と協同で)2012年度までに欧米への飛行時間を半減させる超音速旅客機開発のための優位技術の獲得を図り、超音速旅客機の国際共同開発開始時にわが国の主体的参加を可能とする

### ・進捗状況

◆国内外の関係機関との連携強化・拡充を図りつつ、**ロードマップに沿って着実に実施中**

### 要素技術の研究開発



特許コンセプトの  
確認風洞試験

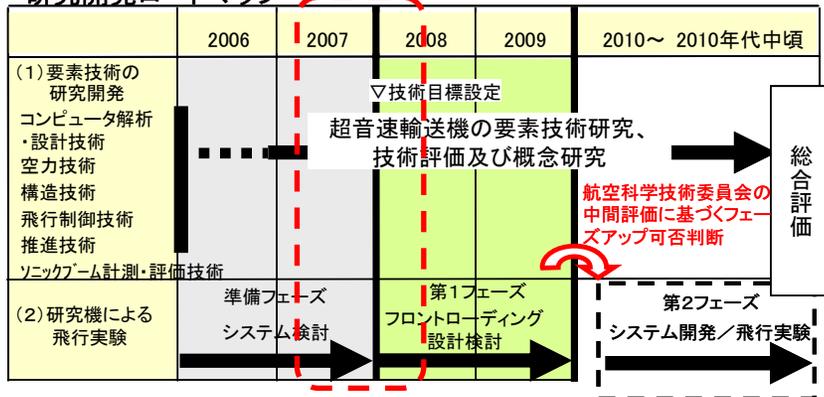
<19年度>

- ・低ソニックブーム機体コンセプトの妥当性を風洞試験で確認
- ・低ソニックブーム機体コンセプトで特許(国際2件/国内6)申請
- ・ICAO(国際民間航空機関)の基準策定作業部会に参画
- ・ソニックブーム再現技術を開発し、ソニックブームシミュレーター\*を整備  
\*NASAとの共同研究に関連

<20年度>

- ・NASAとの間で共同研究を開始(2008-2012)
- ・引き続き、ソニックブーム低減技術等の要素技術の研究開発を進めるとともに、飛行実験システムの設計検討を開始
- ・ICAOの基準策定作業部会にも引き続き参画

研究開発ロードマップ (昨年の中間評価時のもの)



### 研究機による飛行実験

<19年度>

- ・研究機のシステムの**ベースラインを設定**
- ・飛行実験場候補地の現地調査を実施

<20年度>

- ・本年4月から、**設計検討に着手**



図：静粛超音速研究機のベースライン形状

- ・19年度までに、静粛超音速研究機の開発計画・技術仕様等を策定
- ・20年度は、推進作業部会で策定された推進方策に基づき、次世代超音速旅客機概念の研究及び要素技術の高度化を進めるとともに、静粛超音速研究機の設計検討(フロントローディング)に着手

(昨年度指摘事項②) 研究開発の節目ごとに評価を実施していくこと。



# 1. 概況

## 1-2. 最近の取組と成果

最近の取組(続き) 関係機関との連携も図りつつ、計画に沿って研究開発を着実に実施。広報活動も積極的に実施。

### 【他機関との連携】

#### ・JAXA/国際機関

ICAOの国際環境基準策定検討への参画(H18.3~)

#### ・JAXA/国内関係機関

「超音速輸送機連絡協議会」への参画(H20.1~)

「静粛超音速機技術の研究開発に関する外部有識者委員会」の設置、運営(H19.9~)

#### ・JAXA/企業・大学等

「サイレント超音速旅客機研究会」との研究連携(H17.10~)

大学や国内航空機メーカーと共同研究を実施中

#### ・JAXA/海外研究機関

NASA(米)との共同研究を開始(H20.5~)

ONERA(仏)との共同研究を実施中(H12.4~)

「日仏SST共同研究」への参画(H17.6~)

### 【広報活動】

#### ・国際技術展示会への参画

ハリエアショーの展示ブースにて技術紹介(H20.7)

#### ・タウンミーティング(主催)

未来の航空機開発をテーマに講演(H20.7)

#### ・シンポジウム(主催)

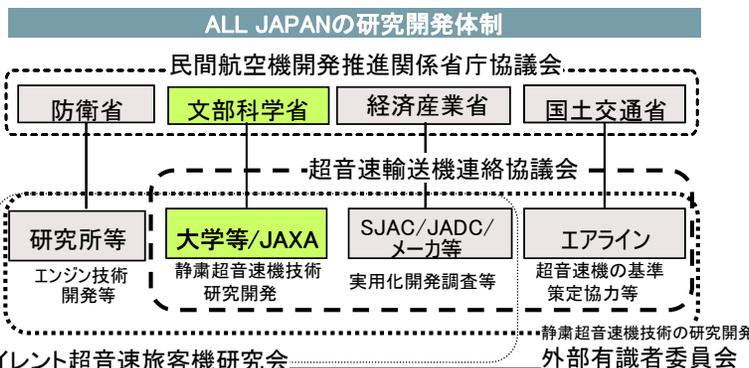
「次世代SST・国産旅客機シンポジウム」(H19.9)

#### ・実験報告会の開催(主催)

「小型超音速実験機飛行実験(H17)データ解析完了報告会」の一般公開(H20.7)

#### ・その他

専門誌等への寄稿、学会での特別講演等  
サイエンスキャンプ(高校生)、小・中学校への出前授業



### 【資金】

#### ・予算額

H19	1.0億円
H20	1.0億円

### 【人材育成】

航空機メーカーとの人事交流  
学生教育も目的とした共同研究、短期インターンシップ制度による学生の受入れ

(昨年度指摘事項②) 研究開発の節目ごとに評価を実施していくこと。



# 1. 概況

## 【補足】

### (1)「超音速輸送機連絡協議会」(2008.1～)

- － 目的； 官民を含め我が国の関係機関が一同に会し、最終目標、役割分担、連携方法について協議する。
- － 構成； 事務局 (財)日本航空機開発協会、超音速輸送機用推進システム技術研究組合  
 メンバー (財)日本航空機開発協会、超音速輸送機用推進システム技術研究組合、  
 (財)日本航空機エンジン協会、(社)日本航空宇宙工業会、JAXA  
 オブザーバー エアライン、大学有識者、官庁(経産省、文科省、国交省)

### (2)「静粛超音速機技術の研究開発に関する外部有識者委員会」(2007.9～)

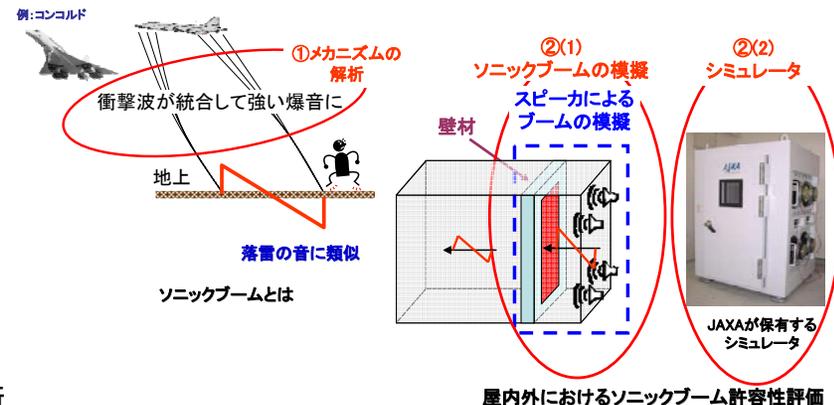
- － 目的； 本研究開発の効率的な推進を目的として、航空関係諸機関の事業との整合性を保ちつつ進めるための外部意見を得る
- － 構成； 事務局 JAXA  
 メンバー (財)日本航空機開発協会、超音速輸送機用推進システム技術研究組合、  
 (社)日本航空宇宙工業会、エアライン、大学、シミュレータ、航空機メーカー  
 オブザーバー 官庁(文科省、経産省、国交省、防衛省)

### (3)NASA(米国)との国際共同研究(2008.5～)

- － 目的； ソニックブームモデリング技術の研究
- － 期間； 5ヶ年(2008-2012)
- － 備考； 本件以外の共同研究の可能性についても、今後検討することで合意

#### ソニックブームモデリング技術：

ソニックブーム発生メカニズムを解析し、  
屋内外におけるソニックブームの許容性を評価する技術





# 1. 概況

## 1-2. 最近の取組と成果

主な成果 国内関係機関による実用化検討に貢献

【JAXAが取り組んでいる技術課題】

【次世代超音速旅客機の課題】

環境適合性向上技術

- ・低ソニックブーム
- ・離着陸騒音低減

経済性向上技術

- ・低抵抗化
- ・軽量化



\*技術目標は、乗客1人当たりの運航コストを亜音速機の1.3倍以下に抑えて、かつコンコルドに比べて離着陸時騒音は約1/10、ソニックブーム強度は半減させて小型SST規模でドアックレベルの音にすることに相当

「静粛超音速機技術」

【技術研究】

- ・コンピューター解析・設計技術
- ・空力技術
- ・構造技術
- ・推進技術
- ・誘導制御技術
- ・ソニックブーム計測・評価技術

【飛行実証】

- ・研究機の開発
- ・飛行実験

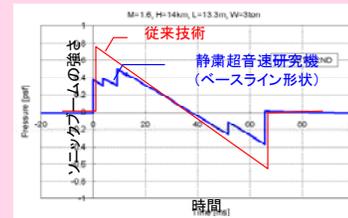
【成果の具体例(～H19年度)】

JAXAのコンセプト適用によって、ソニックブーム強度は半減の見通し

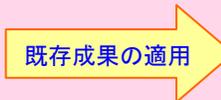
- ・数値シミュレーション(CFD技術)
- ・風洞試験によるシミュレーションの妥当性の実証



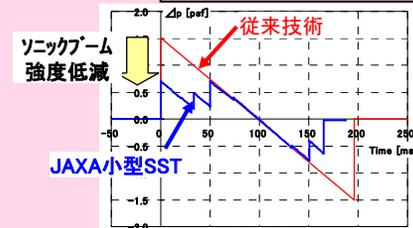
JAXA研究モデル



ソニックブーム予測波形 (M1.6, 高度14km, 水平飛行時)



技術参照機体概念 (国内検討用モデル)



小型SST ソニックブーム予測波形 (シミュレーション)

数値シミュレーション(CFD技術)による低ソニックブーム波形予測

低ソニックブーム機体設計 数値シミュレーション(CFD技術)

- ・CFD技術による低ソニックブーム機体設計で得られた機体コンセプトを風洞試験で実証し、CFD技術の妥当性を確認。
- ・CFD技術により、技術参照機体概念「小型超音速旅客機」\*のソニックブームの波形を予測し、ソニックブーム強度を半減させる技術的目処付けを行った。また、本成果を「超音速輸送機連絡会」に報告し、国内関係機関による実用化検討に貢献

\*技術参照機体概念「小型超音速旅客機」

技術目標の達成度を実機レベルで評価するための参照概念として定義

# 1. 概況

## 1-3. 今後の取組(予定)

今後の取組(予定) 国内外関係機関と連携して研究開発を実施

【内外関係機関と連携したJAXAの取組】

### 国内協力

引き続き「超音速輸送機連絡協議会」等に積極的に参画し、JAXAに期待される役割分担等に応じ、研究開発を実施

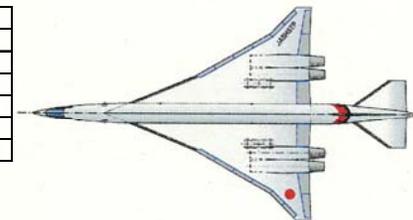
- ◆ 「超音速輸送機連絡協議会」におけるJAXAの役割分担
  - ・基礎的研究・基盤的研究開発
    - －「静粛超音速研究機」の開発・飛行実験・技術研究  
(ソニックブーム低減、空港騒音低減、低抵抗化、軽量化)

### 国際協力

- ◆ ICAO環境保全委員会(CAEP)への貢献
  - ・引き続き、国交省航空局による指導・協力の下、ICAO CAEP-WG1(騒音)の超音速機タスクグループに参画し、民間超音速機のソニックブーム国際環境基準策定検討に貢献
- ◆ 欧米研究機関との共同研究
  - ・引き続き、日仏SST共同研究の枠組みの下でONERA(仏)との耐熱複合材に関する共同研究やジェット騒音低減技術におけるシミュレーション技術に関する研究を実施
  - ・NASA(米)との間でも、ソニックブームモデリングの共同研究を実施

【参考;「超音速輸送機連絡協議会」におけるベースライン】

巡航速度	M 1.6
設計航続距離	6,000 nm
座席数	226 (3 class)
最大離陸重量	350 ton
エンジン推力	37 ton x 4
全長	78.6 m
全幅	43 m



超音速輸送機ベースライン機仕様

【参考;ICAO CAEPの基準案策定スケジュール】

以下のスケジュールにより、作業部会から本委員会ドラフト提案を計画

2010年：ソニックブーム評価法のドラフト提案

2013年：ソニックブーム基準のドラフト提案



## 2. 各論

### (1) 研究開発の必要性

#### ■ 意義

#### (1) 高速移動に対するニーズ：日本は超音速航空輸送の最大恩恵国

○航空輸送需要の拡大と時間価値の増大のなかで、長距離路線における時間短縮へのニーズは高い

・インターネット調査によれば、現行運賃の1.3倍であれば5割以上の人超音速旅客機を選択<sup>注)1</sup>

○民間超音速輸送再開に向けた動きは活発

・米国Aerion社<sup>\*1</sup>のSSBJ<sup>\*11</sup>には既に50機以上の予約発注、約40億ドルの売上げ(2008年5月時点)

・国際民間航空機関においても民間超音速輸送時代に備えて2013年に環境基準を提案する計画

○欧米2大経済圏から離れた東アジア・日本は、超音速航空輸送の最大恩恵地域

・超音速航空輸送が実現すれば、欧米は6時間圏内、アジアは日帰り圏内

#### (2) 科学技術創造立国の実現への貢献：科学技術の国際競争力強化

○超音速機技術は航空科学技術のフロンティア、その研究開発は技術競争力の強化に資する

・科学技術政策研究所のアンケート調査では、国内の航空分野の有識者の86%、航空分野以外の有識者においても66%が日本にとってSSTは「非常に重要」又は「重要」と回答<sup>注)2</sup>。

○航空分野での最先端かつ挑戦的な研究開発は総合的な科学技術高度化と人材育成に貢献する

・航空科学技術は総合的な科学技術、幅広い産業分野とも密接な関係にあつて高付加価値の技術開発を牽引。

・特に、次世代SSTの研究開発はその求められる技術の高度性から最先端かつ挑戦的な取り組み。日本の総合的な科学技術力の高度化のみならず、最高水準の人材育成にも資するもので科学技術創造立国実現にも寄与するもの。

#### (3) 次世代SST実現による経済波及効果：日本社会にも大きな経済効果

○次世代SST就航による経済拡大効果は極めて大きい

・民間シンクタンクの試算によれば、次世代SST就航によって世界GDPの約1.5%(2025年)を押し上げる効果<sup>注)3</sup>

・日本においても国際ビジネス等の活性化でGDPを約1%拡大させる効果、また次世代SSTの国際共同開発に日本が参画(参画比率10~15%)すれば約1万人の雇用機会を創出<sup>注)4</sup>。

注)1 三菱総合研究所調べ(2007年:参考1) 注)2 「科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査」(2001年度) 注)3 三菱総合研究所調べ(2007年)

注)4 日本航空宇宙工業会「超音速輸送機開発調査」(2001年)

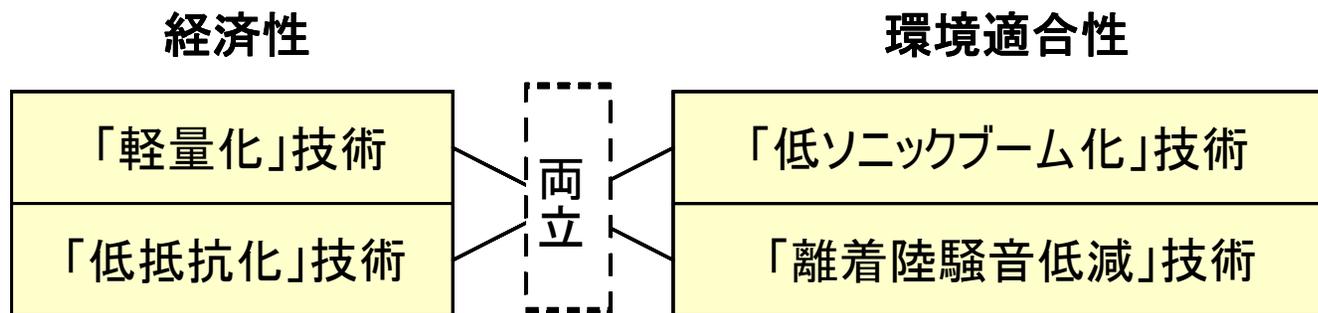
## 2. 各論

### (1) 研究開発の必要性

#### ■ 目的

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ブーム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、我が国の航空機産業の発展と基盤強化に貢献する。





## 2. 各論

### (1) 研究開発の必要性

#### 【補足1】

### 次世代SST実現の課題の概要

#### 環境適合性向上

ソニックブーム\*4低減

ソニックブーム強度を下げて陸上・洋上でも飛行可能とする  
(コンコルドでは陸上超音速飛行不可、洋上もコンコルドより小さくすることが必要)

空港騒音低減

エンジン騒音を下げて亜音速旅客機と同じ基準を満足させる  
(コンコルドは特別に許可されて離着陸)

排ガス清浄化

特に超音速巡航時の窒素酸化物の排出を減らす  
(窒素酸化物によるオゾン層破壊への懸念が第1世代米国超音速旅客機開発中止の要因のひとつ)

#### 経済性向上

軽量化

機体構造、エンジン及び装備品重量を軽量化することで燃料消費を減らす  
(コンコルドは全金属製で離着陸時視界確保の可変機首装備で重い機体)

低抵抗化

主に超音速巡航時の空気抵抗を抑えて燃料消費を減らす  
(コンコルドでは空気抵抗が1%増えれば乗客が約3人が乗れなくなる)

エンジン低燃費化

エンジンの高効率化により燃料消費を減らす  
(コンコルドでは離陸時に全燃料の約2割を消費、また乗客一人当たりの燃費は約5km/L)



# 2. 各論

## (1) 研究開発の必要性

### 【補足2】最先端技術への取り組みを通じた航空機産業の発展と基盤強化

**国際競争におけるプレゼンスを確保・向上**  
(国際共同開発への我が国産業界の主体的参画)

**亜音速旅客機等の更なる高性能化技術の創出する役割**  
(国産旅客機・エンジンの市場競争力強化)

**開発能力の強化**  
(人材育成・低コスト化)

### 参考:「飛鳥」プロジェクトの波及事例

**国際的プレゼンスの向上に貢献**

**航空技術全般にわたる多様な技術波及**  
(我が国航空技術の優位技術の創出)

**航空機・エンジンの開発能力を強化**

### 具体的成果例

- ・V2500国際共同開発参画に発展 (FJRエンジン\*1技術の実用化)
- ・FAA\*2大型STOL\*3耐空性基準策定検討に寄与
- ・NASAとの共同研究に進展

#### 静粛超音速機技術の研究開発

静粛超音速研究機の開発・飛行実験で培われる技術/実証される技術

システム統合技術(無人機技術)

低ブーム技術   低騒音技術   低抵抗技術   軽量化技術   誘導制御技術

コンピュータ解析・設計技術

多目的最適設計技術<sup>\*12</sup>  
高忠実度解析技術<sup>\*13</sup>

試験技術

飛行実験技術  
高精度計測技術等

低ブーム設計技術  
ブーム評価技術<sup>\*9</sup>等

低騒音ノズル<sup>\*14</sup>技術  
低騒音機体技術等

摩擦抵抗低減技術<sup>\*15</sup>  
等

複合材構造技術<sup>\*16</sup>  
等

実時間最適経路  
生成技術<sup>\*17</sup>等

#### 超音速機技術の波及事例

現在運航されているほとんど旅客機の主翼断面形状(スーパークリティカル翼<sup>\*18</sup>)は超音速機技術の研究成果に基づき開発された。また、カーボンファイバーも高い制動力を求められたコンコルドで初めて民間機用に開発され、亜音速旅客機に適用されるようになった。

#### ファンジェットSTOL機の研究開発

「飛鳥」の開発・飛行実験で培われた技術/実証された技術

システム統合技術(STOL技術)

エンジン技術   USB<sup>\*4</sup>高機力技術   複合材料技術   多重デジタル飛行制御技術

コンピュータ解析技術

3次元全機シミュレーション技術等

試験技術

飛行実験技術  
飛行シミュレーション試験技術等

通産省プロジェクトFJRの実機適用  
民間エンジンの実用化技術の獲得

我が国初の技術開発  
教習飛行艇のSTOL性向上に技術協力

我が国の複合材技術の開発基盤  
日本の得意技術に発展

我が国初のコンピュータ飛行制御  
フライバイワイヤ技術に発展に寄与

エンジン・機体の同時開発力  
先端技術適用の大型機の開発能力の獲得

CFD<sup>\*5</sup>技術の普及  
研究開発用飛行シミュレータの普及

- \*1 通産省(当時)大型技術研究開発制度で技術開発したエンジン
- \*2 米国連邦航空局
- \*3 STOL:短距離離着陸
- \*4 USB:上面吹き出し(Upper Surface Blowing)
- \*5 CFD:数値流体力学
- \*6 フライバイワイヤ:電気信号を用いた飛行制御



## 2. 各論

### (2) 研究開発の有効性

#### ■ 設定目標

全体設定目標(政府)

「第3期科学技術基本計画 分野別推進戦略」(H18.3)における本テーマの設定目標

#### ◆ 静粛超音速機技術の研究開発

**研究開発目標** ; 2010(H22)年度までに、超音速機のソニックブームを半減する機体設計技術等を開発する。

2012(H24)年度までに、上記の機体設計技術等を実証し、超音速機開発における世界的な優位技術を獲得する。

**成果目標** ; [経済産業省と協同で]2012(H24)年度までに欧米への飛行時間を半減させる超音速旅客機開発のための優位技術の獲得を図り、超音速旅客機の国際共同開発開始時にわが国の主体的参加を可能とする。

### JAXAにおける取組み

#### 「静粛超音速機技術の研究開発」

#### 個別設定目標(JAXA)

#### 要素技術の研究開発(技術研究)

#### 研究機による飛行実験

コンピュータ解析・設計技術	空力技術	構造技術	推進技術	誘導制御技術	ソニックブーム計測・評価技術	研究機・飛行実験システムの検討	飛行実験計画の検討
(設定目標[第2期中期計画]) ・2010(H22)年度まで ソニックブーム強度を半減し得る超音速旅客機機体形状の提示 ・2012(H24)年度末まで 低ソニックブーム以外の設計技術も適用した超音速旅客機機体形状の提示						(設定目標[第1フェーズ(H21-22年度)]) ・H21年度上期の中間評価まで フェーズ移行判断に必要な設計検討と飛行実験計画の検討を完了(基本計画図、仕様の確定) ・H21年度末の第1フェーズ終了まで 装備品・エンジン等の調達計画確定と飛行実験場利用協定締結に向けた準備作業等を完了	

## 2. 各論

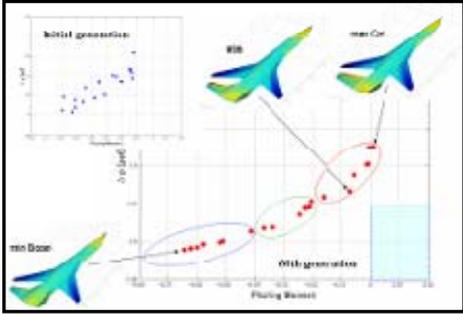
### (2) 研究開発の有効性

#### ■ 進捗状況

#### 1. 要素技術の研究開発(技術研究) (1/2)

##### ◆ 機体性能評価の研究:

ニーズ調査等を行って超音速旅客輸送ニーズを把握するとともに、技術目標機体概念の要求性能を明確化。

(a) コンピューター解析・設計技術	(b) 空力技術	(c) 構造技術
(設定目標) 2010(H22)年度まで ; ソニックブーム強度を半減し得る超音速旅客機機体形状の提示		
<p><b>・コンピュータ解析・設計技術の研究</b></p> <p>機体形状定義から多目的最適設計*12までシームレスな空力設計ツールと、解析の忠実度を高めた多分野統合多目的最適設計探索手法*24を開発、また、エンジン作動による影響も含めて流れ解析を可能とする機体・推進統合解析*25ツールを開発。</p> <p>これらを研究機設計に適用。 H21年度も引き続き研究開発を推進。</p>  <p>低ブーム・低抵抗を両立させるための最適化機体設計技術</p>	<p><b>・空力技術の研究</b></p> <p>ソニックブームを低減する設計コンセプトを考案、風洞試験でその効果を確認(国際特許取得)。その設計コンセプトを研究機及び小型超音速旅客機に適用して形状設計を実施、ソニックブーム強度を半減できる見通しを得ているところ。</p> <p>このほか、機体騒音低減技術、離着陸性能改善技術、及び摩擦抵抗低減技術の研究を実施。</p> <p>H21年度も引き続き研究開発を推進。</p>  <p>ソニックブーム強度低減</p> <p>従来技術</p> <p>JAXA小型SST</p> <p>JAXA特許コンセプト適用によって、ソニックブーム強度は半減の見通し</p> <p>小型SSTソニックブーム予測波形(シミュレーション)</p> <p>レファレンスとなる、基本空力特性を取得</p> <p>JAXA小型SST1次形状の超音速風洞試験(超音速空力特性取得: 2008年5月実施)</p>	<p><b>・構造技術の研究</b></p> <p>高精度かつ低コストの複合材構造技術*16を高度化して研究機の主翼を題材に試作。成型性評価*26及び強度試験を実施して、構造要素レベルのプロトタイプ適用に目処。</p> <p>このほか、耐熱複合材料*27の長期耐久性に関する研究(日仏SST共研)、及び空力弾性*28予測・評価技術の研究を推進。</p> <p>H21年度は、H22年度に予定している構造要素の試作を行う。</p>  <p>構造要素レベルでのプロトタイプに目処</p> <p>空力形状との誤差: ±2.0mm以内</p> <p>目標強度(6G*29)での耐荷確認</p> <p>低コスト複合材構造試作・強度試験(研究機主翼の試作)</p>



# 2. 各論

## (2) 研究開発の有効性

### ■進捗状況

#### 1. 要素技術の研究開発(技術研究) (2/2)

(d) 推進技術

(e) 誘導制御技術

(f) ソニックブーム計測・評価技術

(設定目標) 2010(H22)年度まで ; ソニックブーム強度を半減し得る超音速旅客機機体形状の提示

#### ・推進技術の研究

低騒音可変ノズル\*14を考案し、地上エンジン試験を実施して開発した低騒音可変ノズルの良好な騒音低減効果を確認(約8デシベルの低減)。

このほか、ジェット排気騒音シミュレーション(日仏SST共研)や超音速インテーク\*20技術に関する研究を推進。

H21年度も引き続き研究開発を推進。



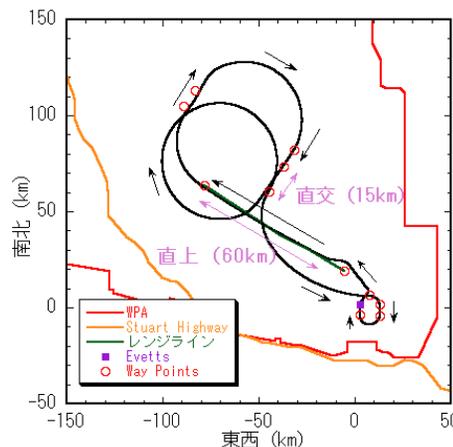
開発した低騒音可変ノズル\*14による騒音低減の効果を確認

低騒音可変ノズル騒音試験

#### ・誘導制御技術の研究

研究機への設計適用も視野に入れて不安定機体の制御や実時間経路生成\*17等の先進誘導飛行制御技術の研究を推進。

H21年度も引き続き研究開発を推進。



以下の制約を満たし、飛行実験の成立性を確認。

- ソニックブーム計測要求
- 燃料消費
- モデル誤差
- 飛行安全(飛行中断時の落下範囲が無人地帯の範囲内)

飛行パターンのシミュレーション解析

#### ・ソニックブーム計測・評価技術の研究

ソニックブームによる建物への影響の基礎データ取得を行うとともに、ソニックブームの許容性を調査する装置(シミュレータ)を開発、またこれに必要な優れたソニックブーム波形生成技術を開発。

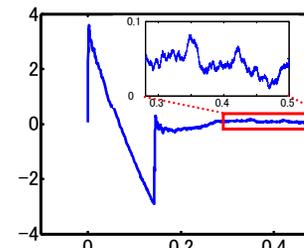
これらをベースとしてNASAとソニックブームモデリング\*7の共同研究に着手。

H21年度も引き続き研究開発を推進。



ソニックブーム許容性調査のため、被験者試験用ブームシミュレータを開発

ソニックブームシミュレータ\*10 (2008年3月完成)



開発したモデル化手法によるポストブームノイズ\*30の一例

ポストブームノイズ付加によって、ブーム模擬音の現実感を向上

ソニックブームモデリング

# 2. 各論

## ■進捗状況

### 2. 研究機による飛行実験の検討(1/2)

(a) 研究機・飛行実験システムの検討	(b) 飛行実験計画の検討
(設定目標[第1フェーズ(H21-22年度)]) ・H21年度上期の中間評価まで ; フェーズ移行判断に必要な設計検討と飛行実験計画の検討を完了(基本計画図、仕様確定) ・H21年度末の第1フェーズ終了まで ; 装備品・エンジン等の調達計画確定と飛行実験場利用協定締結に向けた準備作業等を完了	
<p><b>・研究機の検討</b> 2007.10 研究機のソニックブーム低減<u>コンセプトの風洞試験確認</u></p> <p><b>・飛行実験システムの検討</b> 2007.10 ・飛行実験システム検討を完了し、飛行実験システム要求を設定 ・リスク低減のためのフロントローディング作業(インターク*20及び低速空力特性の風洞試験等)に着手 2007.12 ・飛行実験システムに関する技術提案要請を実施 2008. 1 ・国内航空機メーカー3社より提案、審査を経て設計検討の主契約者1社を選定 2008. 3 ・<u>飛行実験システムベースラインを設定</u> 2008. 4 ・<u>飛行実験システムの設計検討に着手</u> 2008. 5 ・搭載エンジンの製造メーカーとの具体的作業調整に着手</p> <p><b>今後の予定</b> 2008.10 ・搭載エンジンの製造メーカーとのTAA(Technical Assistant Agreement: 技術支援契約)締結 2009. 7 ・飛行実験システムの基本計画図、系統・装備品等仕様、マスタースケジュール等の確定</p>	<p><b>飛行実験計画の検討</b> 2008.3 ・飛行実験場候補地の現地詳細調査を実施</p>  <p>低ソニックブーム機体コンセプトの飛行実証方法</p>

(昨年度指摘事項) 飛行実証について十分に検討・アピールしていくべき



# 2. 各論

## ■ 進捗状況

### 2. 研究機による飛行実験の検討(2/2)

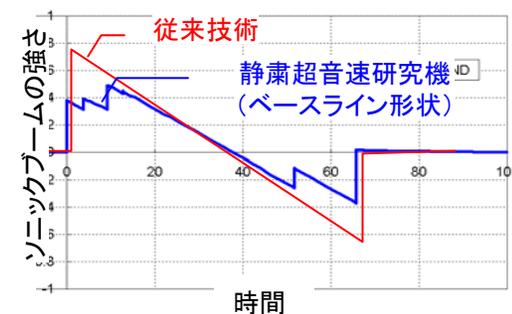
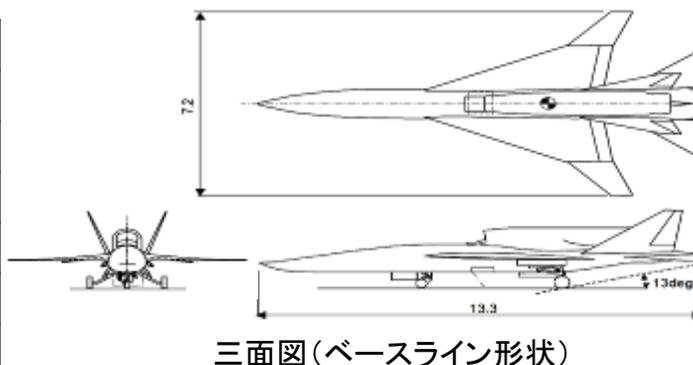
#### 静粛超音速研究機の設計検討

##### ◆ 静粛超音速研究機のベースラインの設定

- 主要飛行実証項目**
- ①低ソニックboom設計\*8技術:ソニックboom強度を従来設計に比して半減し得る設計技術の実証
  - ②システム統合技術:離着陸から超音速飛行までを完全自律飛行できる超音速無人機技術

##### 主要諸元

全長	13.3m
全幅	7.2m
翼面積	21m <sup>2</sup>
全備質量	4,000kg
ゼロ燃料質量	2975kg
飛行速度	M1.4@h≧11km以上
必要滑走路長	2,000m以下



ソニックboom予測波形  
(M1.6, 高度14km, 水平飛行時)

##### ◆ 設計検討のための解析・試験の実施

###### 試験



低ソニックboom\*8コンセプト確認風洞試験

適用した特許コンセプトの効果を確認



低速空力特性風洞試験

機体形状設計/システム設計に反映



尾排干渉\*23風洞試験

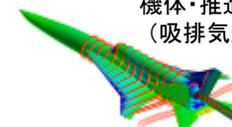


インテーク\*20特性風洞試験

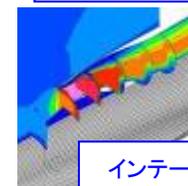
インテーク設計妥当性評価

###### 解析

機体・推進統合CFD\*21解析  
(吸排気効果\*22予測解析)



エンジン作動状態の影響を把握



インテーク特性  
CFD\*21解析

インテーク設計に反映

(昨年度指摘事項) 飛行実証について十分に検討・アピールしていくべき

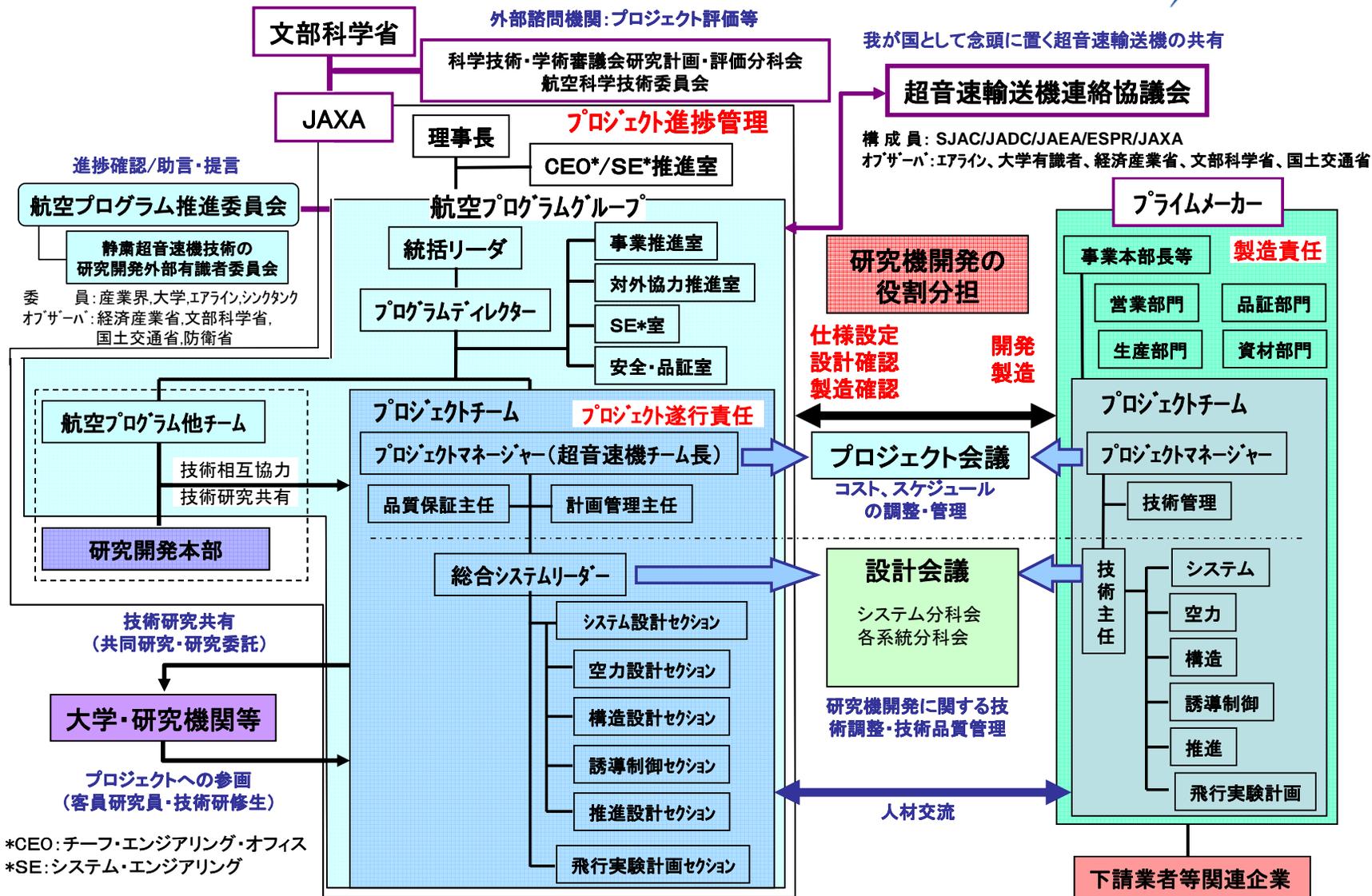




# 2. 各論

## (3) 研究開発の効率性

### ○実施体制



(昨年度指摘事項②) 研究開発の節目ごとに評価を実施していくこと。



# 2. 各論

## (3) 研究開発の効率性

### 【補足2】

#### ◆ リスク管理体制

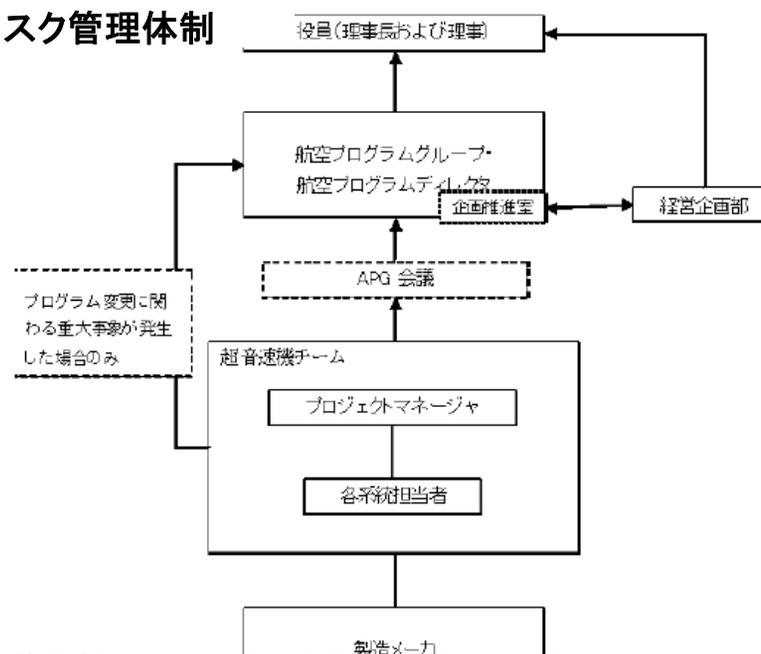
開発フェーズとリスク管理活動

フェーズ	第1フェーズ(設計検討)		第2フェーズ(システム開発/飛行実験)	
	フェーズ1-1	フェーズ1-2	フェーズ2-1	フェーズ2-2
主要審査会	▽PDR ▼システム安全審査Ⅰ		▽CDR ▼システム安全審査Ⅱ	▽開発完了審査 ▼システム安全審査Ⅲ ▽飛行実験前審査 ▼システム安全審査最終
リスク管理活動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リスク識別</li> <li>・リスク軽減計画策定</li> <li>・リスク状況監視</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リスク識別</li> <li>・リスク軽減計画策定</li> <li>・リスク状況監視</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リスク状況監視</li> <li>・保証試験モニタ</li> <li>・是正措置</li> <li>・レッスン学習(飛行実験訓練を含む)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リスク状況監視</li> <li>・保障試験モニタ</li> <li>・是正措置</li> <li>・レッスン学習</li> </ul>

プロジェクトメンバーの役割

役職	責任/作業内容
プロジェクトマネージャ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リスクマネジメント活動計画を制定する。</li> <li>・リスク情報を集積し、リスク情報管理表を作成する。</li> <li>・全てのリスクに対し高位、中位、低位のレベルに分析し、各リスクへの対処指針を定め、担当者を指名する。高位レベルのリスクについてはリスク管理シートの作成を担当に指示する。同時にリスクマネジメント活動におけるプロジェクトリソース(コスト、マンパワー)を決定する。</li> <li>・必要に応じてリスクおよび軽減計画の担当者の変更を行う。</li> </ul>
プロジェクトメンバー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リスクを識別、解析、軽減措置等を検討し、プロジェクトマネージャに報告する。</li> <li>・プロジェクトマネージャの対処指針に基づき、担当に指定されたリスクについてリスク管理活動を実施する。その際リスクレベルが高位の場合はリスク情報シートを作成する。</li> <li>・リスク情報管理表およびリスク情報シートに従い、リスクおよび軽減計画を追跡する(取得、編集、報告)。</li> <li>・リスク情報管理表およびリスク情報シートの維持・改訂を行う。</li> </ul>

リスク管理体制



(昨年度指摘事項②) リスク管理については、内容として抽象的なものにとどまらない管理体制のアウトラインをある程度具体的に説明していくこと



## 2. 各論

### (3) 研究開発の効率性

#### ○資金計画

単位：(億円)

年度	2008 (H20)	2009～2010年代中頃	総額
資金(億円)	1	TBD	TBD

研究機の設計検討に関するスケジュールについては、可能な限りの自助努力等により、少なくとも2009(平成21)年度に予定されている航空科学技術委員会の中間評価までの目標を達成するスケジュールとする(基本計画図完了1年の予定を1年3ヶ月に延長)。

#### ○人員計画

##### 人的リソース

第1フェーズ：28名【専任18人・併任10人】で実施。

参考：研究機設計に係るメーカ体制(約20名/年)

第2フェーズ：TBD



### 3. 留意事項への対応

#### (昨年度指摘事項①)

ICAO(国際民間航空機関)の国際基準作りに向けて、日本が国際的なリーダーシップを取るためには、本研究開発がより進展することが必須である。

#### (対応状況)

超音速機の国際基準策定作業を行っているICAO\*2のCAEP\*3におかれたタスクグループにおいて、JAXA研究者がソニックブームに関する”Research Focal Point”(研究動向調査や技術的考察等が任務)として活動中。飛行実証を含む本研究開発にも関心が寄せられているところ。

国際基準検討への貢献としてソニックブームの許容性評価等の研究も鋭意進めているところ。これに関して、NASAと共同研究にも着手したところ(2008年5月合意)。

#### (昨年度指摘事項②)

飛行実証を伴わない計算や実験のみの研究開発は、産業界への展開に至らず、研究のための研究になりがちであるので、飛行実証について十分に検討・アピールしていくべきである。

#### (対応状況)

本研究開発の中心課題である低ソニックブーム設計\*8技術の実証に最適化し、コストやスケジュールを精査して研究機の設計検討を進めているところ。

また、本研究開発の進め方等についての助言を頂く外部有識者委員会を昨年9月に設置、本研究開発の意義や目的、技術目標等について議論頂き、それに基づき本研究開発を進めているところ。研究機の開発や飛行実験計画を中心に進捗についてご評価頂きつつ研究開発を進める所存。

対外的なアピールについても国内外における展示会や学会等を通じて積極的に本研究開発を紹介しているところ。



### 3. 留意事項への対応

#### (昨年度指摘事項③)

本研究開発の効率性の評価については、今後、研究開発計画が具体的に進められる中で、「実施体制」、「ロードマップ」、「資金計画」について精査・見直しを行うことが前提であり、研究開発の節目ごとに評価を実施していく必要がある。

#### (対応状況)

前項で述べた通り、本研究開発に関する外部有識者委員会を設置し、本研究開発計画について既に様々な視点からご議論、ご助言を頂き、本研究開発に反映させているところ。今後においても、2回/年の頻度で同委員会を開催して、本研究開発の効率的推進に反映させる所存。

さらに、各年度末に外部評価を実施、評価結果を踏まえた研究開発を進めているところ。

また、平成21年度には、現在進めている研究機の設計検討の結果を踏まえて、航空科学技術委員会において研究機の本格開発へのフェーズ移行判断を頂く予定(中間評価)。平成21年度以降についても研究開発の節目(例えば製作着手や飛行実験着手)においては航空科学技術委員会においてご評価を頂き、本研究開発の適切な推進を図る所存。

#### (昨年度指摘事項④)

リスク管理については、過去の実験の失敗の後にその重要性が改めて認識されたものでもあり、今後JAXAの資料においても、内容として抽象的なものにとどまらない管理体制のアウトラインをある程度具体的に説明していく必要がある。

#### (対応状況)

特に、研究機の開発に関して「リスク管理計画書」を策定。開発フェーズに応じたリスク管理活動を定義、またプロジェクトメンバの役割とJAXA全体としてのリスク管理体制を明確化。今後の活動においては、「リスク管理計画書」に沿って実施。これらについて対外的にも説明をしていく予定。(現段階におけるリスク管理のアウトラインについては参考6を参照)



### 3. 留意事項への対応

#### (昨年度指摘事項⑤)

対外的な説明資料等においては、航空専門家以外にも理解できるようなある程度の配慮が必要である。

#### (対応状況)

プレス発表等一般向けの説明資料においてはもちろんのこと、対外的な説明資料についても用語解説を付けるとともに補足説明資料を分かり易く作成することに努めているところ。今後とも各方面からのご助言を踏まえて一層努力する所存。

なお、青少年への理解増進のために、年1回のサイエンスキャンプ(高校生対象)では本研究開発を分かり易く解説する講義を必ず設けているとともに、近隣の小・中学校への出前出張授業について教育委員会と相談し、既に1件の申し込みを受けているところ。

# 参考1:ロードマップ(1/2)



年度		2008	2009	2010	2011	2012	2010年代中頃	
		H20	H21	H22	H23	H24		
マイルストーン					低ブーム小型SSTの機体概念の提示	技術コンセプトを適用した小型SST機体概念の提示		小型SST機体概念の性能目標達成評価
技術目標	①ソニックブーム強度の半減(小型SST規模で0.5psf以下)				▼解析による評価			▼飛行実験・解析による達成評価
	②離着陸騒音 ICAO Chap.4適合					▼要素試験・解析による評価		▼地上試験・解析による達成評価
	③巡航揚抗比 8.0以上					▼解析による評価		▼地上試験・解析による達成評価
	④構造重量 15%減(全金属機体に対して)					▼部分構造試作による評価		▼解析による達成評価
静粛超音速研究機の飛行実験システム開発と飛行実験		2008 H20	2009 H21	2010 H22	2011 H23	2012 H24	2013 H25	2014 H26
S3	静粛超音速研究機飛行実験システムの開発	▼基本設計完了		▼詳細設計完了		▼開発完了		
	静粛超音速研究機の飛行実験	▼飛行実験場選定		▼実験場協定締結		飛行実験着手		▼低ソニックブーム設計技術飛行実証
技術研究		2008 H20	2009 H21	2010 H22	2011 H23	2012 H24	2013 H25	2014 H26
SS	機体性能評価による目標達成度評価							
	SS(1) 機体性能評価	▼機体改善概念提示			▼機体形状の提示		▼小型SST機体の総合評価(解析)	
	SS(2) 先進的機体コンセプトの研究	▼推力偏向低騒音SST概念の提示			▼SST革新概念の提案			
	SS(3) 次世代超音速旅客機の市場性・波及効果等の調査	▼市場性・波及効果の把握		▼市場性・波及効果の把握(update)				

# 参考1:ロードマップ(2/2)



技術研究(要素技術研究)	2008	2009	2010	2011	2012	2010年代中頃		
	H20	H21	H22	H23	H24			
TS1 コンピュータ解析・設計技術の研究								
TS1(1) 多分野統合・多目的最適設計技術の研究				▼設計プロセス自動化		▼低ブーム/低抵抗最適設計環境の構築	▼空力/構造二分野統合最適設計環境の構築	
TS1(2) 高忠実度多分野統合解析技術の研究	.....			▼ブーム伝播解析手法の開発		▼屋内ブーム解析手法の開発	▼ブーム解析技術の飛行検証 機体/推進系統合解析環境の構築	
TS2 空力技術の研究								
TS2(1) 低ブーム・低抵抗設計技術の研究				▼小型SST低ブーム設計概念の評価		▼小型SST低ブーム低抵抗設計の評価	▼飛行実験データに基づく小型SST低ブーム性評価(解析)	
TS2(2) 低騒音機体技術の研究	.....			▼騒音解析技術構築		▼設計指針獲得	▼想定実機騒音数値評価	
TS2(3) 離着陸性能改善技術の研究				▼フラップ最適設計手法の開発		▼実機適用評価(L/D60%向上)	▼低騒音高効率高揚力装置技術の実用性評価(風試/解析)	
TS2(4) 摩擦抵抗低減技術の研究				▼自然層流機首形状の設計手法確立		▼小型SST用自然層流機首/翼の最適形状提示	▼自然層流化技術実証(風試/解析)	
TS3 構造技術の研究								
TS3(1) 複合材構造技術の研究				▼構造要素試作	▼構造要素評価試験	▼製造プロセス設定	▼小型SSTへの適用評価	▼小型SSTの構造評価(解析)
TS3(2) 空力弾性予測・評価技術の研究				▼既存形態における空弾解析技術確立		▼空弾評価におけるジェット排気模擬技術実用化	▼空弾/制御系連成解析技術の確立(飛行実験)	
TS4 推進技術の研究								
TS4(1) 低騒音ノズル技術の研究				▼騒音低減ノズル概念の検証(ノズル単体制御)		▼エンジン/低騒音ノズル統合制御技術実証	▼推進システム統合性能評価(統合システム試験/解析)	
TS4(2) 高効率インテーク技術の研究				▼低騒音小型インテーク概念評価		▼小型SSTインテーク設計評価(低騒音ダクト概念適用)		
TS5 ソニックブーム計測・評価技術の研究								
TS5(1) ソニックブーム計測技術の研究				▼屋外ブーム計測技術獲得		▼屋内ブームおよび振動計測技術獲得		
TS5(2) ソニックブーム評価技術の研究				▼屋外ブーム評価技術の確立		▼屋内ブーム評価技術の確立	▼許容性基準の提案	
TS6 誘導制御技術の研究				▼先進誘導制御設計完了(研究機への適用設計完了)		▼地上/事前検証完了	▼先進誘導制御技術の飛行実証	



## 参考2：国内・海外機関との連携（1／2）

### ①国内機関との連携

#### （1）超音速輸送機連絡協議会：

官民を含め我が国の関係機関が一同に会し、最終目標、役割分担、連携方法について協議することを目的として、関係する国内5機関から構成する連絡協議会が発足（2008年1月）。

##### 【メンバー】

日本航空機開発協会、超音速輸送機用推進システム技術研究組合、日本航空機エンジン開発協会、日本航空宇宙工業会、宇宙航空研究開発機構

##### 【オブザーバー】

エアライン、大学有識者、経済産業省、文部科学省、国土交通省

#### （2）静粛超音速機技術の研究開発に関する外部有識者委員会：

本研究開発の効率的な推進に資するため、航空機製造産業、エアラインやシクタンクからの外部有識者からなる委員会を設置（2007年9月）。

【構成】大学・学会（2名）、航空関係団体（3名）、エアライン（2名）、シクタンク（1名）、メーカ（4名）

【オブザーバー】文部科学省、経済産業省、国土交通省、防衛省（航空装備研究所）

#### （3）日本航空宇宙学会との連携

日本航空宇宙学会のサイレント超音速旅客機研究会（2005年10月発足）と基礎的な超音速研究で連携。2006年からは、公募型の研究委託も実施中。

#### （4）共同研究の推進

大学や国内航空機メーカと超音速旅客機技術に関する共同研究を実施中（2007年度：4件）。



## 参考2：国内・海外機関との連携（2／2）

### ②海外機関との連携

#### （1）NASAとの共同研究

2008年5月にNASAとソニックブームモデリング\*7に関する5ヶ年の共同研究を合意して着手。これ以外についても共同研究の可能性について検討しているところ。

#### （2）仏国ONERA\*31との共同研究

超音速境界層遷移\*32に関して引き続き共同研究を進めているところ。また、耐熱複合材料\*33の長期耐久性に関する共同研究を日仏SST共同研究の一環として実施中。

#### （3）日仏SST共同研究への参画

日仏の産業界が締結した日仏SST共同研究において、上記の耐熱複合材料の長期耐久性のほか、ジェット騒音低減技術（JAXAはシミュレーション技術を担当）に関する研究で参画。今年7月に3ヶ年の延長が決った。

#### （4）ICAO\*2の超音速機国際環境基準検討への参画

国土交通省航空局のご指導・御協力の下、ICAO\*2のCAEP\*3おかれたタスクグループにおいて、JAXA研究者がソニックブームに関する”Research Focal Point”（研究動向調査や技術的考察等が任務）として国際環境基準検討に参画中。

# 用語解説(1/2)

- \*1 Aerion社: 米国に設立された超音速ビジネスジェットのベンチャー企業
- \*2 ICAO: International Civil Aviation Organization (国際民間航空機関)
- \*3 CAEP: Committee of Aviation Environment Protection (航空環境保全委員会)
- \*4 ソニックブーム: 超音速で飛行する際に超音速機から生じた衝撃波が地上に到達して生じる衝撃音(参考4参照)
- \*5 小型超音速旅客機: NASAの提案機体概念は35-70人乗り(右下図)
- \*6 HISAC: High Speed Aircraft (高速航空機)
- \*7 ソニックブームモデリング: ソニックブーム\*4の発生状況やメカニズムについてのモデルを構築し、人の感じ方や建物などへの影響を評価する技術(参考4参照)
- \*8 低ソニックブーム設計: ソニックブーム\*4の強度を弱める機体形状の設計
- \*9 ソニックブーム評価技術: ソニックブームモデリング\*7を含めて、ソニックブームに対する人や建物への影響を評価する技術
- \*10 ソニックブームシミュレータ: ソニックブームを再現する装置
- \*11 SSBJ: Supersonic Business Jet (超音速ビジネスジェット)
- \*12 多目的最適設計技術: 例えば、抵抗低減とソニックブーム低減といった2つ以上の目的において最適な形状を同時に求めていく設計(但し、一つの形状に決まるのではなく、複数の候補形状が優秀な形状として探索される)
- \*13 高忠実度解析技術: 単に形状を忠実に表現して流れの解析というものから、エンジン作動による影響や構造変形の影響など、できるだけ実際の飛行状態に近づけることで忠実性を高めてシミュレーションする技術
- \*14 低騒音ノズル技術: ジェット排気による騒音を低減するために形状を工夫し、かつ離着陸から超音速まで効率的に作動するエンジンの排気口に関する技術
- \*15 摩擦抵抗低減技術: 機体と空気との摩擦によって生じる抵抗を低減する技術。先の小型超音速実験機で実証した自然層流翼設計技術はそのひとつ。
- \*16 複合材構造技術: 樹脂と繊維を組み合わせ強化した軽量材料である複合材料を用いた構造に関する技術
- \*17 実時間最適経路生成技術: 航空機が何らかの要因で飛行中断により帰投する場合に自動的に帰投する飛行経路を実時間で解析して生成していく技術





# 用語解説(2/2)

- \*18 スーパークリティカル翼: 高亜音速域での急激な造波抵抗の増加を遅らせるための工夫がなされた翼
- \*19 Chap.4: ICAO\*2が2006年以降に新規に導入された民間航空機に適用した離着陸時騒音の基準
- \*20 インテーク: エンジンの空気取り入れ口
- \*21 CFD: Computational Fluid Dynamics(数値流体力学) 流れのシミュレーション
- \*22 吸排気効果: ここではジェットエンジンの作動によって生じる空気の吸い込み及びジェットの排気を与える効果
- \*23 尾排干渉: 吸排気効果\*22のひとつで、エンジンからのジェット排気と航空機の尾翼との干渉のこと
- \*24 多分野統合多目的最適設計探査手法: 空力解析と構造解析等の異なる2つ以上の技術分野の解析も行っていく多目的最適設計\*12
- \*25 機体・推進統合解析: 機体周りの流れだけでなく、推進システムの流れ(例えばジェット排気や空気の吸い込み等)の影響を同時に解析すること。高忠実度解析技術\*13のひとつ。
- \*26 成形性評価: 製造された形状が設計形状通りであるか、及び内部構造に欠損等がないかといった評価
- \*27 耐熱複合材料: 樹脂と繊維を組み合わせ強化した軽量材料で、より高温にも耐える材料(超音速機では空気との摩擦等で高温となる)
- \*28 空力弾性: 航空機に働く空気力と構造とが連成して起きる様々な特性。特に重要なのは非定常的な振動現象でフラッターと呼ばれる現象
- \*29 6G: 「G」は重力のことで、6Gは自重の6倍という意味
- \*30 ポストブームノイズ: ソニックブームの後に起きる空気振動などによる騒音
- \*31 ONERA: 仏国航空宇宙研究所
- \*32 境界層遷移: 物体表面の近傍に生じる速度差の大きな空気流の層において比較的整然とした流れ(層流)が乱れた流れ(乱流)に変化している現象
- \*33 耐熱複合材料: 樹脂と繊維を組み合わせ強化した軽量材料(複合材料)で、より高温にも耐える材料(超音速機では空気との摩擦等で高温となる)