

【補足資料】  
静粛超音速機統合設計技術の研究開発  
に係る事後評価

---

2020年 7月28日

宇宙航空研究開発機構

1. 研究開発の概要（経緯、構成）
2. (1) 民間超音速機実現に必要な国際基準策定への貢献
3. (3) 鍵技術ごとの技術目標達成のための要素技術研究の更なる推進
4. (2) 小型超音速旅客機国際共同開発における競争力強化に向けた産学官一体の研究開発体制の構築及び技術実証計画の立案
5. 科学技術基本計画への貢献状況
6. 今後の展望
7. 評価の各観点での自己評価
8. 中間評価におけるご指摘への対応

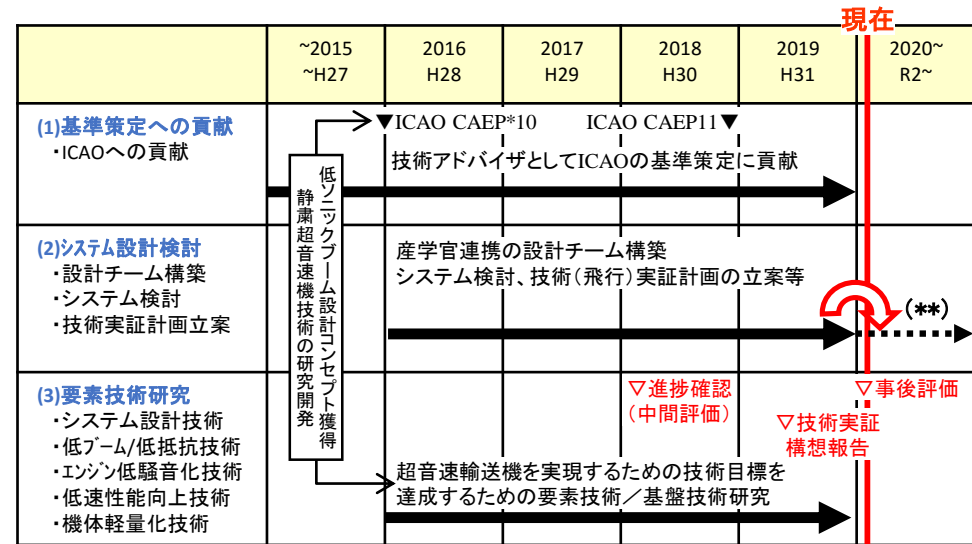
本課題の構成要素毎に、動向の変化とそれを踏まえた達成状況をご報告

← 事後評価の評価項目（必要性、有効性、効率性等）に沿って、成果等を整理

# 1. 静粛超音速機統合設計技術の研究開発の概要

## 経緯

- 航空委#49 (2016.1) で「静粛超音速機統合設計技術の研究開発」の事前評価を受け、本研究開発に着手。
- 事前評価で定められた予定通り、航空委#58 (2018.8) で中間評価を実施。
- 評価の予定に加えて、研究開発の進捗状況を航空委#62 (2019.7) で報告。



\*CAEP: 航空環境保全委員会のことで3年毎に本会議が開催される  
\*\*H31年度以降の研究開発計画は、産学官一体の体制で検討

## 研究開発の構成と実施内容

- (1) 民間超音速機実現に必要な国際基準策定への貢献  
超音速機市場開拓に必要な国際基準 (ソニックブーム、離着陸騒音) 策定への貢献に取り組んだ。
- (2) 小型超音速旅客機国際共同開発における競争力強化に向けた産学官一体の研究開発体制の構築及び技術実証計画の立案  
基準策定後に想定される低ブーム超音速機の国際共同開発において、わが国産業界が競争力を発揮できるよう、欧米に対する優位性を獲得するための技術実証構想の検討を進めるとともに、産学官を一体化した研究開発体制の構築に取り組んだ。
- (3) 鍵技術ごとの技術目標達成のための要素技術研究の更なる推進  
相反関係にある環境基準への適合性 (低ソニックブーム、低離着陸騒音) と経済的成立性 (低燃費) を両立する機体を提示するため、要素技術の高度化とそれらをシステムとして統合するための設計技術の開発を実施した。

### 陸域上空の超音速飛行に対するソニックブーム基準

- 国際民間航空機関（ICAO）の超音速機タスクグループにおいて、引き続きソニックブーム基準策定に向けた検討（認証手順検討）が進められている。
- NASAはソニックブーム許容値に関するデータを ICAO CAEP13（2025年2月）に提示することを目的として、**2021年の初飛行を目指し有人低ブーム実証機（X-59）の開発**を進めている。

### 超音速機の離着陸騒音基準

- ICAOにおいて、亜音速機離着陸騒音基準の超音速機適用について検討する離着陸騒音サブグループがその活動を完了した。
- FAAが超音速機用の離着陸騒音基準案として CFR14 Part36（離着陸騒音基準）の改定案を公開した（2020年3月）。
  - ✓ 許容値の設定は米国で開発中の超音速機の市場成立性の観点から、亜音速機の基準から緩和されている。

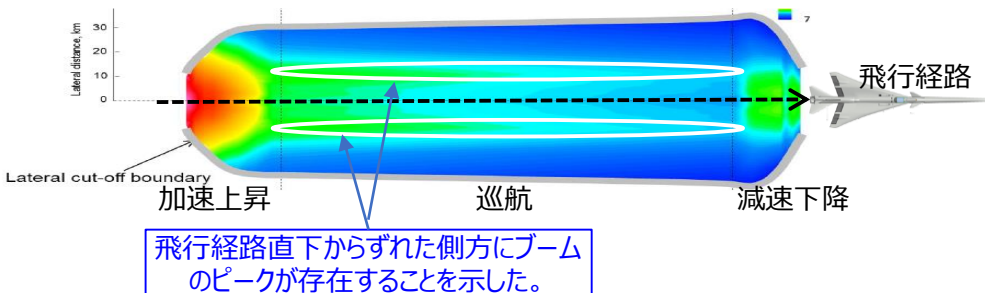
民間超音速機の開発に向け、米国を中心に基準策定が進められつつある

## ソニックブーム基準策定への貢献

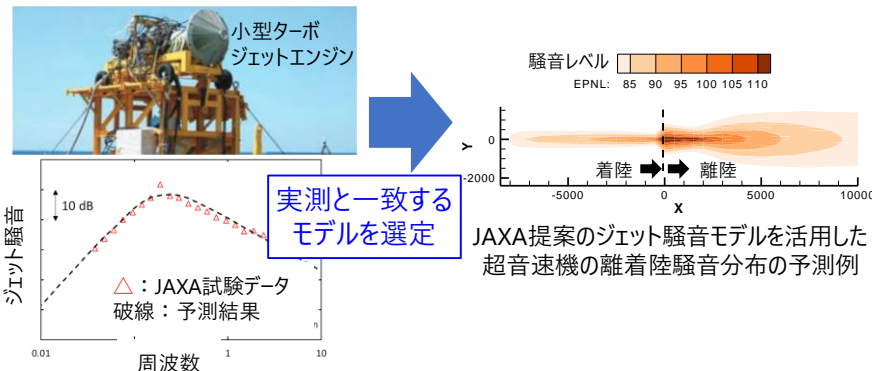
- ブーム認証手順の確立に向けて、JAXAツールを活用し基準策定検討に貢献した。
  - ✓ 大気乱流の影響評価を含むソニックブーム伝播解析ツールをNASA飛行試験結果に適用。その解析結果をICAOが妥当と評価したことにより、同ツールを活用した認証手法検討が進む見込み。
  - ✓ 低ブーム機の地上ブーム強度分布を推算し、飛行経路直下からずれた側方にブームのピークが存在する可能性を示すことにより、飛行経路直下以外の位置でのブーム計測の重要性を指摘した。

## 離着陸騒音基準策定への貢献

- 主な騒音源であるジェット騒音につき、その予測モデルの適切な選定方法を提案し基準検討に貢献した。
  - ✓ JAXA独自の検証試験結果を基に適切なジェット騒音予測モデルを選定し、ICAOに提案した。超音速機のエンジン排気条件における精度の高さと取扱いやすさから、提案した予測モデル選定が採用された。
  - ✓ FAAが公表した超音速機用離着陸騒音の新基準の検討においても、同予測モデルが活用されている。



低ブーム機の地上ソニックブーム強度分布解析例  
(ブームの強さは、赤>緑>青)



ジェット騒音予測モデルの検証例 (JAXA試験データの活用)

解析ツールの提供、予測モデルの提案等を通じ、基準策定に係る議論の定量化に貢献

## 民間超音速機開発動向

### エアリオンのビジネスジェット AS2

- AS2開発に向け開発体制の構築を進めている。
- **GEが主力エンジンを改修したAffinityを提供**することを発表
- **ボーイングの技術支援**を受け改善機体形状を提示



### ブーム社の50人乗り旅客機 Overture

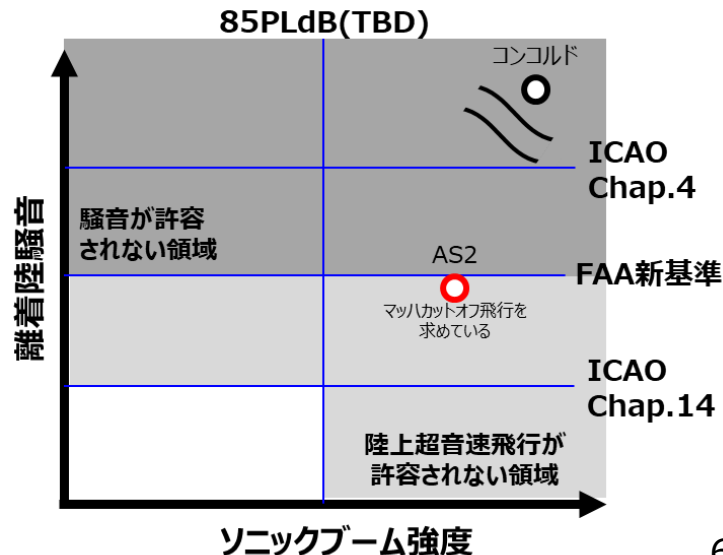
- 100億規模の投資を受け、飛行実証計画を進めている。

米国においてベンチャー企業による民間超音速機開発が進んでいる

### 環境性能のベンチマーク

- AS2もOvertureも低ブーム設計は適用されていない。
- AS2はAffinityエンジンによりFAA新基準には適合する可能性が高い。OvertureはFAA新基準の機体カテゴリーに含まれていない。

ソニックブームと離着陸騒音の基準を同時に満足し得る機体は未だ提案されていない



### 3. (3) 要素技術研究：技術目標のベンチマーク

#### 本課題 (S4) の技術目標 (超音速旅客機実現に必要な環境適合性と経済性の両立)

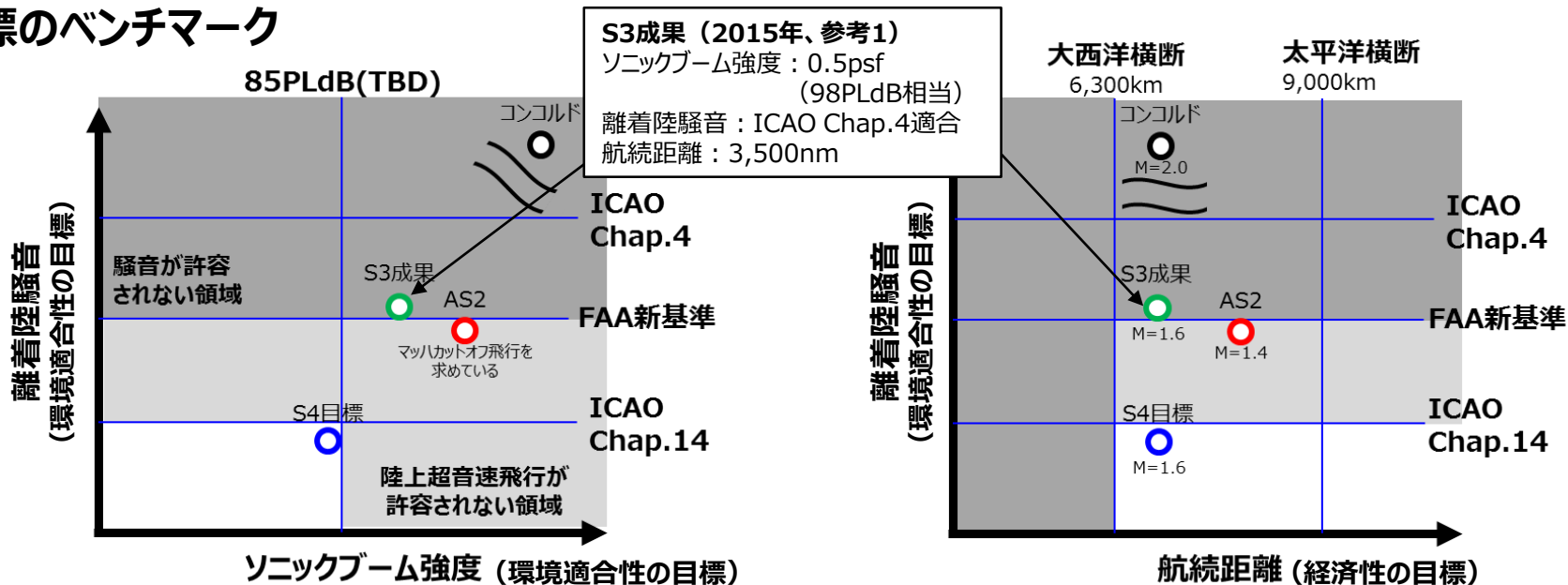
環境適合性 (ソニックブーム、離着陸騒音)

- ① **ソニックブーム：85PLdB以下** (陸域上空の超音速飛行が可能と想定される数値)
  - ② **離着陸騒音：ICAO Chap.14適合** (FAA新基準よりも厳しい亜音速機基準)
- } 前身の研究開発 (S3)より高い目標

経済性 (大西洋横断が可能な航続距離3,500nm (約6,500km))

- ③ **揚抗比：8.0以上**
  - ④ **構造重量：15%減**
- } 航続距離の目標を揚抗比、構造重量の要求に分解 (S3と同じ)

#### 技術目標のベンチマーク



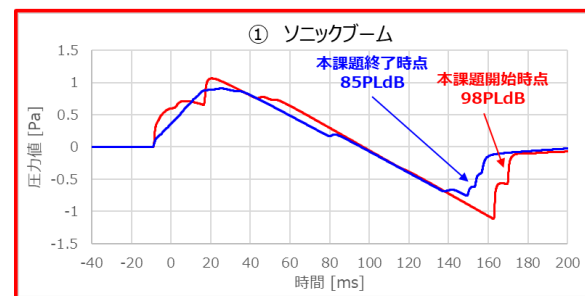
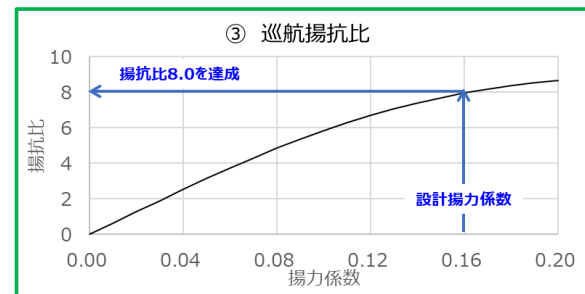
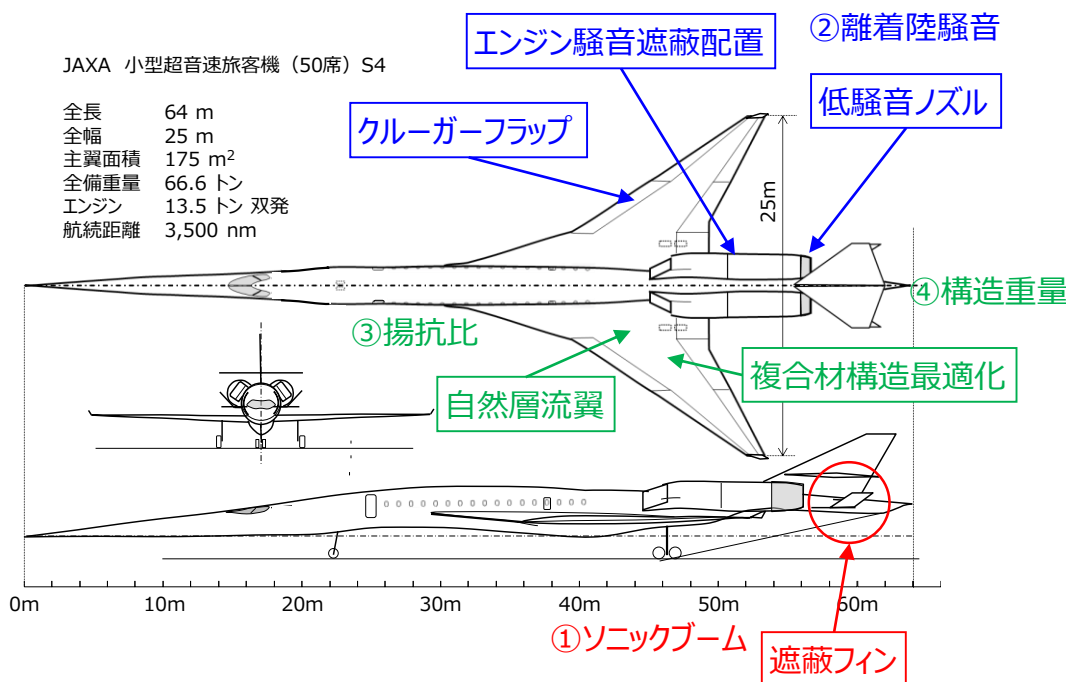
環境適合性の技術目標は、最新の基準策定の動向に比して優位性を保っている

# 3. (3) 要素技術研究：課題の達成状況（参考2）

【①ソニックboom】 エンジン排気の影響を低減する後端低boom設計コンセプトとして特許出願した**遮蔽フィン技術**の適用による**低ソニックboom目標（85PLdB）達成**を高精度CFD解析及びboom伝搬解析により確認した。

【②離着陸騒音】 **最適化した高揚力装置（クルーガーフラップ）**、**低騒音ノズル設計技術の適用**、**機体によるエンジン騒音遮蔽効果等**による**離着陸騒音基準（ICAO Chapter 14）適合**をICAOで相互検証がなされた騒音予測ツールにより確認した。

【③揚抗比、④構造重量】 **自然層流翼設計技術**の適用等による**巡航揚抗比目標（L/D=8）達成**を高精度CFD解析により確認した。複合材の配向角や板厚の最適設計による**構造重量21%減に相当する主翼構造重量軽減**を有限要素法解析モデルを用いた解析により確認した。



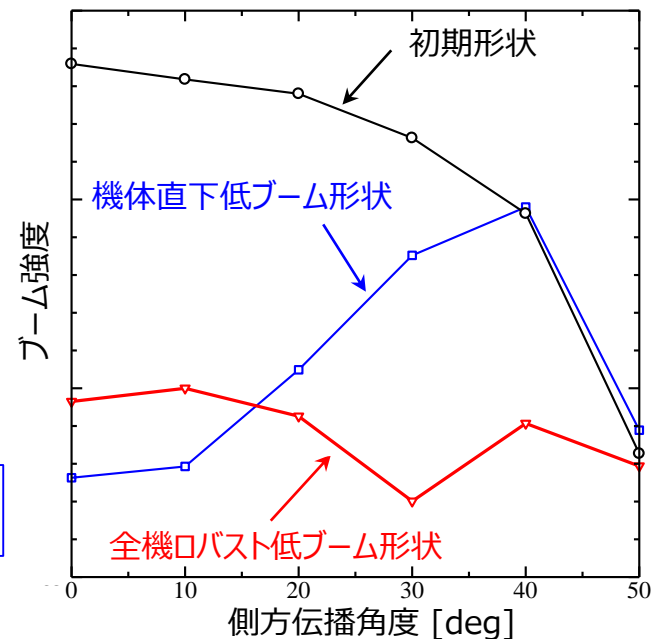
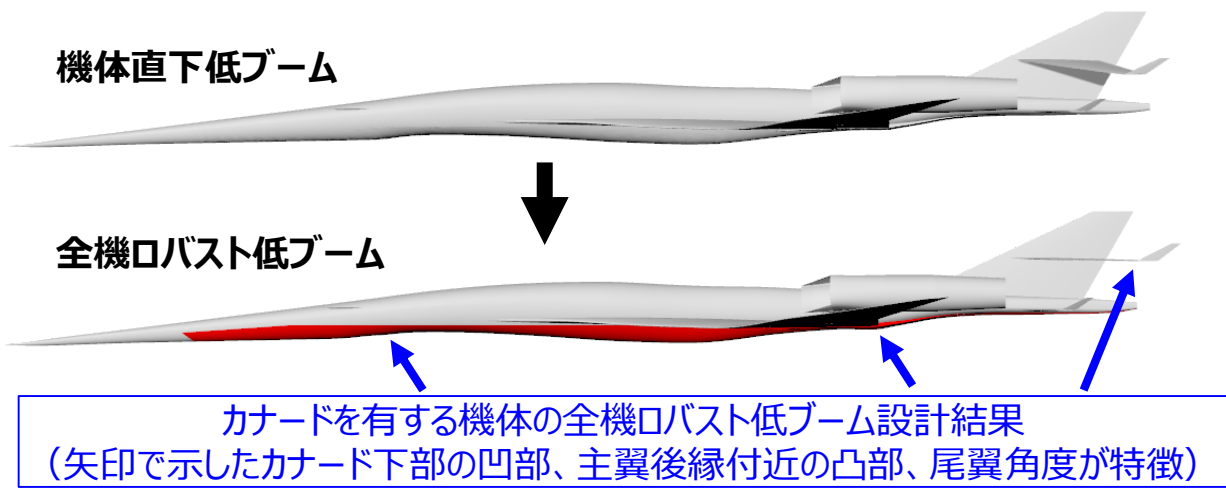
要素技術を適用した統合設計技術により機体概念検討を行い技術目標を全て満たす機体コンセプトの技術的成立性を示した



想定されるブーム基準の認証プロセスに対応しうる低ブーム設計法を創出

## 全機ロバスト低ブーム設計技術

- ICAOの基準策定の議論においてJAXAが重要性を指摘したように、機体直下だけでなく側方への伝播も含めた、**ソニックブームが観測されるエリア全域における低ブーム化が求められると予想される。**
- 側方も含めた全域に対する低ブーム設計には伝播方向毎に断面積設計を繰り返す必要があるが、JAXAは等価断面積分布の考え方に基づき、**機体直下に対するマッハ平面のみではなく側方の低ブーム性も考慮し得るロバストな低ブーム設計法を考案し、特許を出願した。**



全機ロバスト低ブーム設計適用例

### 優先的に実証すべき技術の選定

- ICAO基準策定の議論から、将来のソニックブーム基準ではソニックブームが観測されるエリア全域における低ブーム化が求められると想定されることから、側方も含めた全域における低ブーム設計が可能であることを示す必要がある。
- JAXA技術の優位性を活かして基準策定プロセスに効果的に関与し、低ブーム超音速機の開発に我が国の技術力が不可欠であることを国内外の主要ステークホルダーに示すため、全機ロバスト低ブーム設計技術を優先的に実証すべき技術課題として選定した。

### 効果的な技術実証手法の選定

- 全機ロバスト低ブーム設計の技術実証手法としては、風洞試験では模型支持系の影響が避けられないこと、実在大気環境下における遠方場での実証が必要であることから、飛行実証が必須である。

### 実証システム検討状況

- 航空機メーカーとともに飛行実証の概念検討を進め、技術実証機のシステム成立性を向上させたが、効果的な全機ロバスト低ブーム設計実証の観点から、実証機設計における容積制約等のシステム要件と課題が明らかとなった（参考3）。

優先的に技術実証すべき技術として全機ロバスト低ブーム設計技術を選定  
飛行実証システム検討により実証システムの要件と課題が明らかとなった

## 4. (2) 研究開発体制の構築

### ボーイング社との共同研究

- ボーイング社と低ソニックブーム設計技術の評価・検証を含む共同研究を進めている。
- JAXAの優位技術である全機ロバスト低ブーム設計技術を活用し、**ボーイング社との連携強化を図り鍵技術の共同開発につなげる。**

### NASAとの共同研究

- NASAとソニックブーム評価技術に関する共同研究を進めている。
- ICAO基準策定への貢献を通じて妥当性を認められたソニックブーム解析・評価技術を活用し、**NASA X-59プロジェクトに関する連携強化を進めている。**
- NASAとの連携強化により、国際基準策定に対するより一層の貢献を可能とする見通しが得られた。

### 協議会・R&Dプログラム（参考4）

- 産業界、業界団体、大学、省庁が参加した外部有識者委員会を開催した。
- 産学官が一体となり**司令塔となる協議会を設置し、ビジョン、ロードマップ、技術目標の共有等、我が国一体となった研究開発体制の構築が重要であると提言された。**
- **JAXAは優位技術を先行して実証し、研究開発を先導する中核的な役割が期待されている。**

基準策定や国際共同開発につながり得る国内外の重要ステークホルダーとの関係を構築した

# 5. 科学技術基本計画への貢献状況

研究開発計画に掲げられる取組の推進を通じて科学技術基本計画に貢献した

## 本研究開発

### 直接の成果

- **基準策定**：ICAO基準（ソニックブーム、離着陸騒音）策定において技術検討結果や知見の提供により議論の定量化等に貢献。
- **鍵技術の獲得**：環境適合性と経済性の技術目標を全て満たす機体設計技術を獲得し、機体コンセプトの成立性を確認。全機ロバスト低ブーム設計技術等の新たな優位技術を獲得。
- **技術実証構想の策定**：飛行実証と地上実証を組み合わせた効率的な実証方針を定め、基準策定や国際共同開発につながり得る国内外の重要ステークホルダーとの関係を構築。

研究開発計画の取り組み  
を直接推進

### 研究開発計画

#### 第5章 国家戦略上重要な基幹技術の推進

##### 1. 航空科学技術分野

##### (2) 次世代を切り開く先進技術の研究開発

##### A. 静粛超音速機統合設計技術の研究開発

これまでの研究開発で培った国際的優位性を拡大させるために、飛行実証された抵抗低減設計技術や低ソニックブーム設計技術を核として、超音速機の実現成立性を実証することを目指す。このために、**想定されるソニックブーム基準と強化された空港騒音基準を満足し、かつ経済性にも優れた超音速機実現の鍵となる技術の要素技術研究開発を進めるとともに、個別要素技術を実機システムへ適用して有効性を確認するシステム設計研究を行い、低ソニックブーム／低抵抗／低騒音／軽量化に対する技術目標を同時に満たす機体設計技術を獲得する。**これらの技術については**飛行実証も視野に入れた技術実証構想を産業界と連携して策定する。**あわせて、民間超音速機実現の鍵となる陸地上空の超音速飛行に必要な**国際民間航空機関（ICAO）における国際基準策定に貢献する。**

### 間接の成果

- **基盤技術の強化**：CFD解析技術、風洞試験技術等の分野において、新たな解析・試験手法を開発。（例：大気擾乱を考慮したソニックブーム伝搬解析技術、CFD/風洞試験を組み合わせさせたエンジン排気評価技術）

CFD、風洞試験技術等の  
基盤技術の強化に寄与

### 研究開発計画

#### 第5章 国家戦略上重要な基幹技術の推進

##### 1. 航空科学技術分野

##### (3) 航空産業の持続的発展につながる基盤技術の研究開発

我が国の航空産業の持続的な発展に向けて、我が国が得意とする**数値流体力学（CFD）等の数値シミュレーション技術を飛躍的に高めるとともに、試験・計測技術、材料等の評価技術等の基盤技術を維持、強化していくことが重要である。**

特に、航空機開発の高速化、効率化、高精度化に貢献する航空機設計技術の確立を目指し、非定常CFD解析技術をベースに空力、構造等の多くの分野を統合した解析技術（例：統合シミュレーション技術）等の開発を行う。

### 【我が国一体となった研究開発に向けた体制構築】低ブーム民間超音速機の国際共同開発に、我が国産業界が計画段階から参画することを可能とする産学官一体の研究開発体制を構築する

- 産学官のステークホルダーが参加する協議会において、我が国の超音速機研究開発のビジョンと目標を共有し、それに基づき我が国一体となって研究開発を進める。
- もって、我が国の航空産業界が国際共同開発に計画段階から参画することを可能とし、我が国がその恩恵を最大限に享受できる超音速機を実現するとともに、航空機産業の拡大に貢献する。

### 【短期的な取組方針】超音速機実現の鍵技術を国内外の主要ステークホルダーと連携して飛行実証することにより、国際的な騒音基準策定に貢献し、低ブーム民間超音速機の実現を加速させる

- 全機ロバスト低ブーム設計技術の飛行実証データに基づき、認証に適用可能な騒音評価ツールを標準化し、低ブーム民間超音速機の市場を拓く騒音基準策定のプロセスを加速する。
- 超音速機実現の鍵技術である全機ロバスト低ブーム設計技術の飛行実証を通じて、同技術を超音速機開発における国内外の主要ステークホルダーと共有し、低ブーム民間超音速機の国際共同開発につなげる。

## 必要性

### 【科学的・技術的意義】

- ICAO/FAAでの基準策定の動向に照らして「**環境適合性**」の**技術目標は先導的な目標設定**であるとともに、**全機ロバスト低ブーム設計技術等の独創性の高い成果を創出**。

### 【社会的・経済的意義】

- 海上超音速機の開発及び陸上超音速に向けた基準策定が着実に進む状況を踏まえると、**超音速飛行による移動時間短縮の社会的要求は引き続き高い**。従って、超音速機の国際基準策定に貢献し、陸域上空の超音速飛行を実現する鍵技術を開発する本研究開発の社会的価値は高く、我が国航空産業の競争力強化に資する。

### 【国費を用いた研究開発としての意義】

- 陸上超音速飛行を可能にする技術開発に対する社会的価値は大きいものの、**技術リスクが高く多額の研究開発投資が必要な研究開発である**ことから、国費を用いた研究開発による技術課題の解決に対する期待は大きい。

## 有効性

### 【研究開発の質の向上への貢献】

- **前身の研究開発(S3)より高く設定した環境適合性の目標**を達成するため、各要素技術の高度化を図り、全機ロバスト低ブーム設計技術等の独創性が高い成果の創出に加えて、関連する基盤技術の強化につなげた。

### 【行政施策への貢献や寄与の程度】

- 要素技術の高度化、産学官一体の研究開発体制の構築等を通じ、「**戦略的次世代航空機研究開発ビジョン\***」が提言する超音速旅客機市場開拓のために推進すべき**我が国優位技術の実証・確立に貢献**。

### 【見込まれる直接・間接の成果・効果や波及効果の内容】

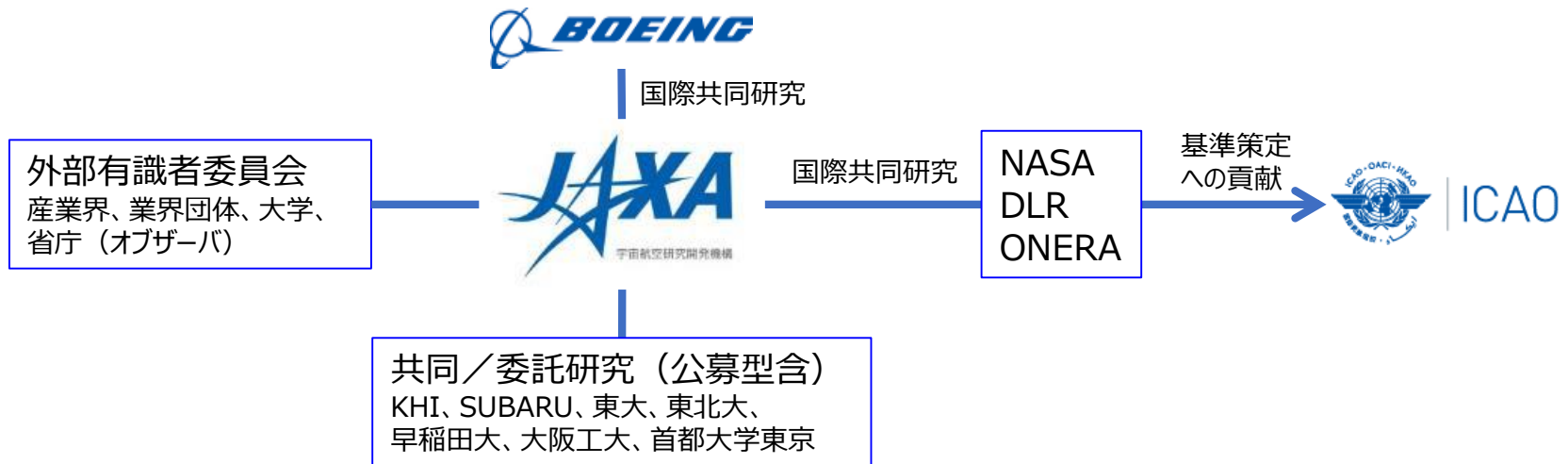
\*平成26年8月文部科学省次世代航空科学技術タスクフォース

- 直接の成果：**基準策定への貢献、超音速機実現の鍵技術の獲得、技術実証構想の策定**。(特許出願4件、取得6件)
- 間接の成果：エンジン排気評価技術(参考5)等の**新たな解析・試験手法の開発による基盤技術の強化**。
- 波及効果：研究会設立による**産学関連研究の活性化**、国際学会におけるワークショップを通じた**プレゼンス向上**。 14

## 効率性

【計画・実施体制の妥当性及び研究開発の手段やアプローチの妥当性】

- **ボーイング社や国内メーカーとの共同研究を推進**し、企業は供試体の製作・提供や、メーカーの知見を活かした要素技術適用が及ぼす全機システムへの影響評価などを担当することにより、研究開発を効率的に進めた。
- **NASA等海外公的研究機関との共同研究を推進**し、役割分担を明確にすると共に、保有技術の相互検証を行い、国際基準策定への貢献を効率的に進めた。
- **外部有識者委員会を開催**し、産学官の意見を広く聴取して、技術実証構想策定に向けた連携体制の強化を図った。



## 8. 中間評価におけるご指摘への対応

中間評価におけるご指摘	ご指摘への対応
<p>毎年度の進捗に合わせ、企業などと連携しつつ外部資金を導入する等、効果的にリソースを活用して研究開発を進めるべきである。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>企業との共同研究を推進</b>し、企業による供試体の製作・提供やメーカーの知見を活かした役割分担により、研究開発を効率的に進めた。</li> <li>• <b>海外公的機関との共同研究を推進</b>し、役割分担の明確化及び保有技術の相互検証等により、基準策定への貢献を効率化に進めた。</li> </ul>
<p>海外の公的研究機関等による研究開発の動向を注視し、効果的な連携等を進めるべきである。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ICAO基準策定の動向に基づき、必要性が高まると予想される全機ロバスト低ブーム設計技術を開発</b>した。</li> </ul>
<p>ICAO の基準策定の状況を踏まえ、経済性・環境適合性に配慮しつつ研究開発に的確にフィードバックすべきである。</p> <p>引き続き、産学官が一体となって研究開発を進められるよう、研究開発体制を不断に見直すべきである。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>産業界、業界団体、大学、省庁が参加した外部有識者委員会を開催</b>し、産学官が一体となり<b>司令塔となる協議会を設置し、ビジョン、ロードマップ、技術目標の共有等、我が国一体となった研究開発体制の構築が重要</b>であると提言された。</li> </ul>
<p>JAXA の知財の国内企業を通じた活用の可能性にも配慮しつつ、国内外の民間事業の成立性や発展性、技術戦略等を注視すべきである。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 本研究開発課題終了後、鍵技術の実証プロジェクトに移れるよう、<b>飛行実証と地上実証を組み合わせた効率的な実証方針を定め、基準策定や国際共同開発につながり得る国内外の重要ステークホルダーとの関係を構築した。</b></li> </ul>
<p>研究開発の進捗に応じ運航者をはじめとする航空関連機関に対する積極的な情報発信及び意見聴取を行うべきであり、さらにそれを適宜研究計画へ反映すべきである。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 本研究開発課題終了後、鍵技術の実証プロジェクトに移れるよう、<b>飛行実証と地上実証を組み合わせた効率的な実証方針を定め、基準策定や国際共同開発につながり得る国内外の重要ステークホルダーとの関係を構築した。</b></li> </ul>
<p>事業終了後に向け、JAXA 外から十分なリソースが確保できるような体制を構築するべきである。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 毎年度の独法評価を通じ、<b>当該年度の進捗状況の把握と翌年度計画への反映</b>を行い、マイルストーン管理を適切に実施した。</li> </ul>
<p>本研究成果が、国内企業を通じて高い自由度とスピード感をもって具現化できるような、JAXA と他組織との協働の可能性も関係者間で検討すべきである。</p>	
<p>過去のプロジェクト等で獲得したプロジェクト管理に関する知見を本課題で更に洗練させ、将来活用しやすい形として蓄積していくことも考慮し進めるべきである。</p>	
<p>各技術課題における技術目標に対し各年度の進捗を踏まえ、適切なマイルストーンを設定すべきである。</p>	



# 静粛超音速機統合設計技術の研究開発 事後評価参考資料

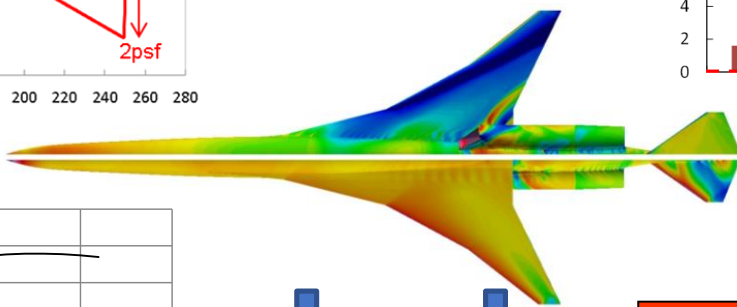
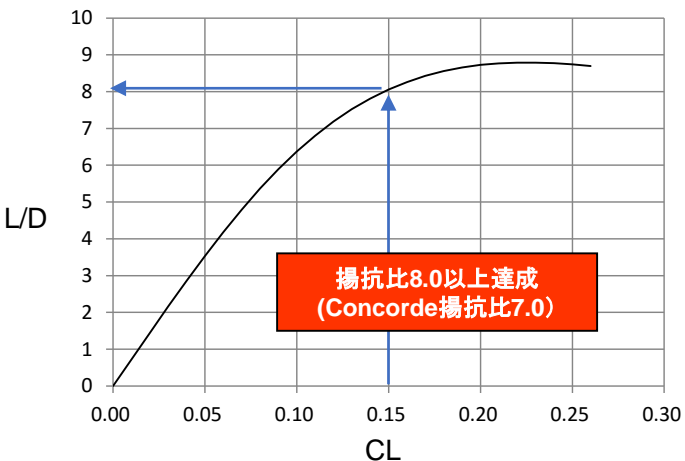
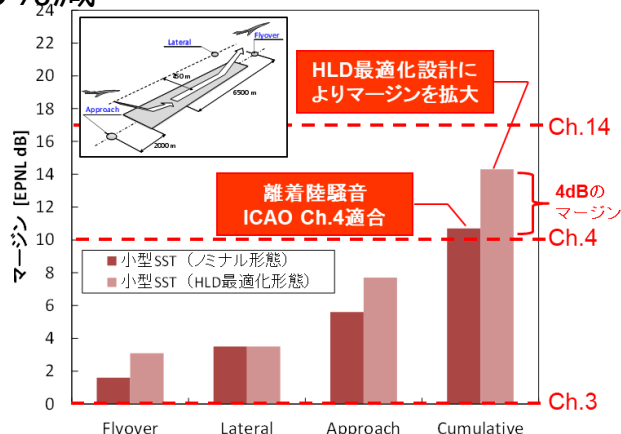
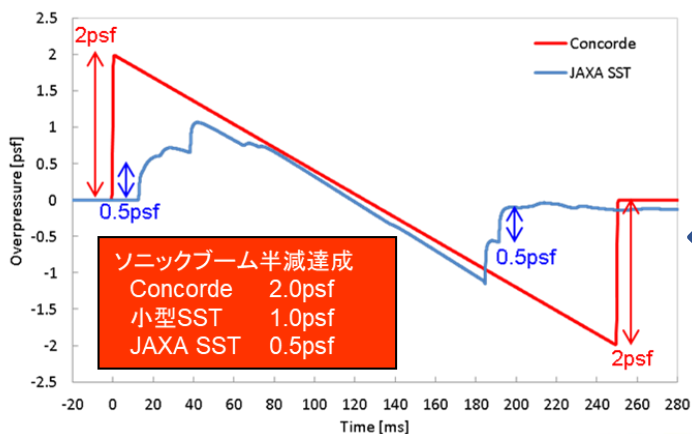
2020年（令和2年）7月28日

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

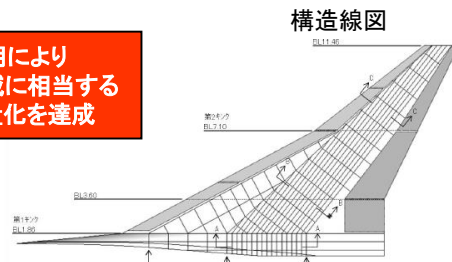
# 参考1：前身の研究開発（S3）の主要成果

2015年度まで実施していた静粛超音速機技術の研究開発（S3）において、要素技術研究成果として技術参照機体（小型超音速旅客機）に対して定めた下記技術目標を達成した。

- ① ソニックブーム強度の半減（0.5psf\*以下） \*psf : lb/ft<sup>2</sup>
- ② 巡航揚抗比8.0以上
- ③ 離着陸時騒音ICAO Chap.4適合
- ④ 全金属機体（コンコルド技術）に比べて構造重量15%減



複合材適用により  
 構造重量15%減に相当する  
 主翼重量軽量化を達成

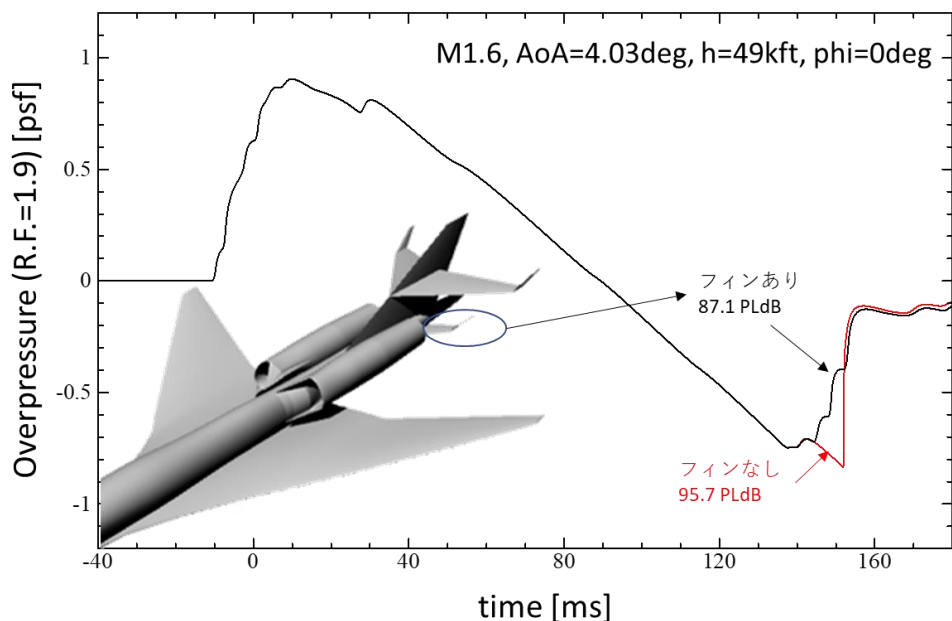


	金属構造	複合材構造	重量軽減量	重量軽減率
トータル重量	3327 kg	2741 kg	586 kg	17.6%

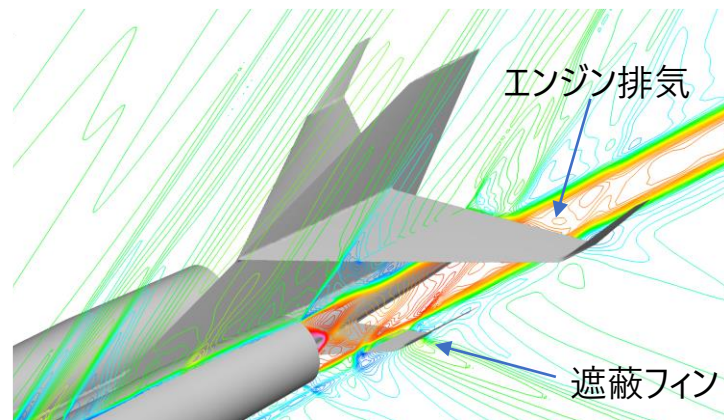
## 【①ソニックブーム】

エンジン排気の影響を低減する後端低ブーム設計コンセプトとして特許出願した遮蔽フィン技術の適用による低ソニックブーム目標 (85PLdB) 達成を高精度CFD解析及びブーム伝搬解析により確認した。

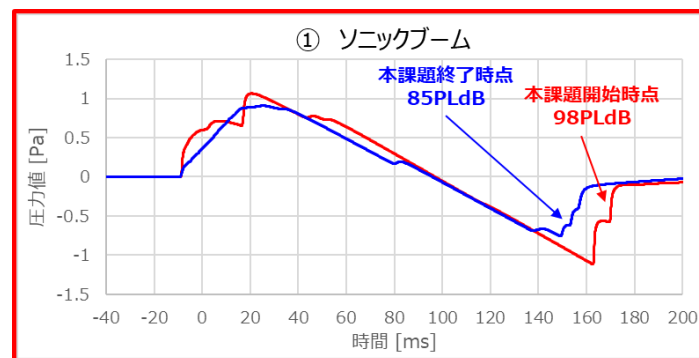
- 超音速等価断面理論に基づきマッハ面上で機体形状断面を定義する設計法を考案し特許出願した。マッハ面設計法により繰り返し設計することなく等価断面積設計が可能となり、低ブーム設計の精度と効率を向上させた。
- エンジン排気から発生する膨張波が後端低ブーム性を悪化させるため、膨張波の地面への伝播を抑制しつつ、低抵抗性も考慮した遮蔽フィンコンセプトを考案し特許出願した。本遮蔽コンセプトを適用し低ブーム目標を達成した。



遮蔽フィンコンセプトの効果



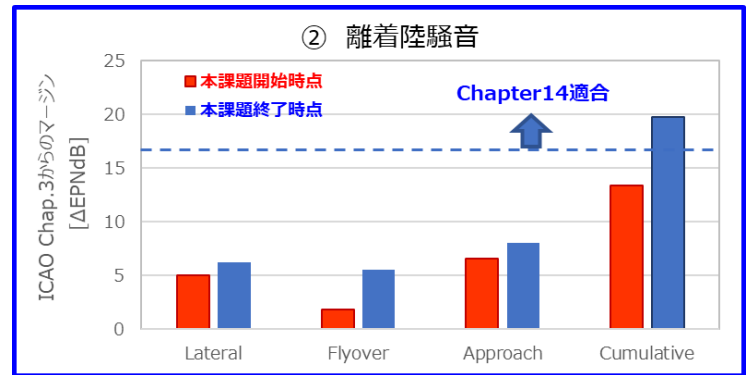
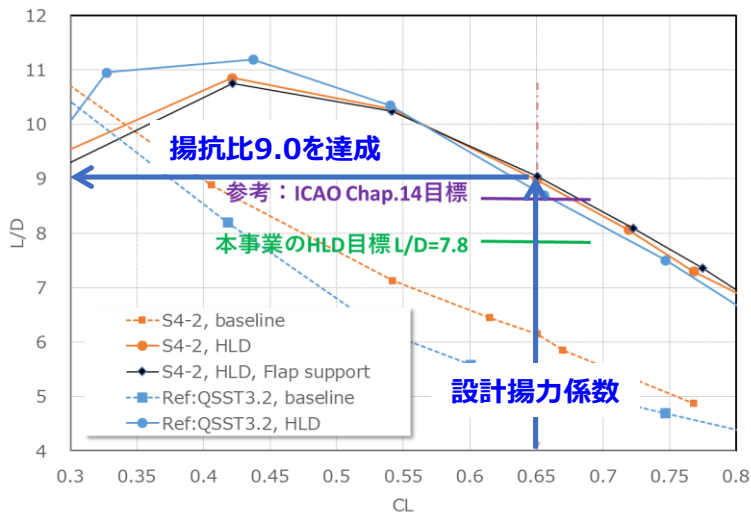
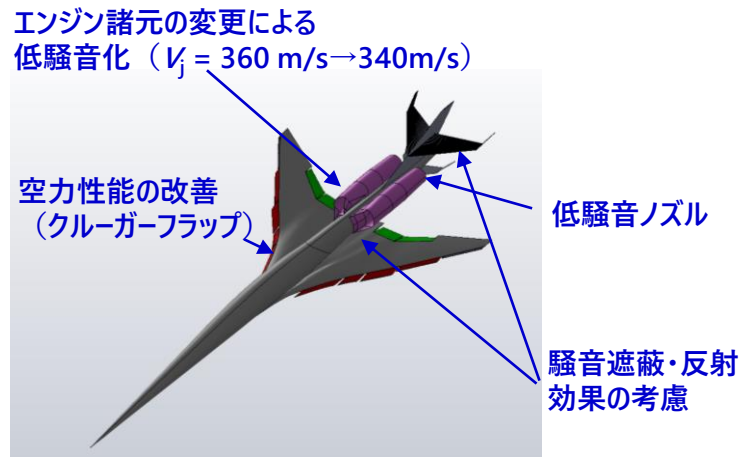
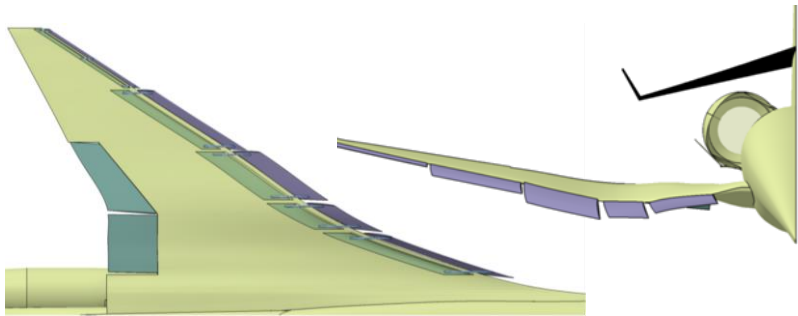
エンジン排気を考慮した低ブーム設計



## 【②離着陸騒音】

**最適化した高揚力装置 (クルーガーフラップ)、低騒音ノズル設計技術の適用、機体によるエンジン騒音遮蔽効果等による離着陸騒音基準 (ICAO Chapter 14) 適合を確認した。**

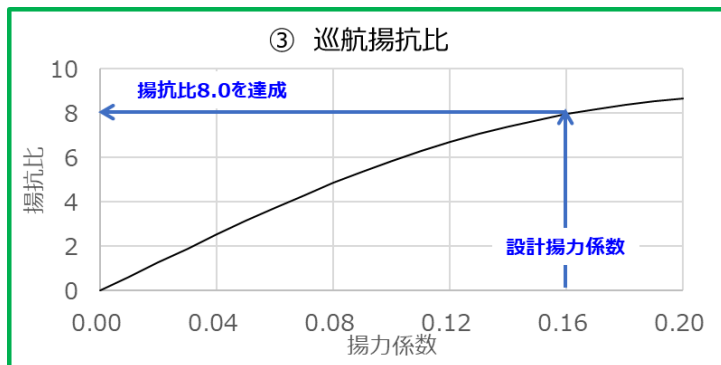
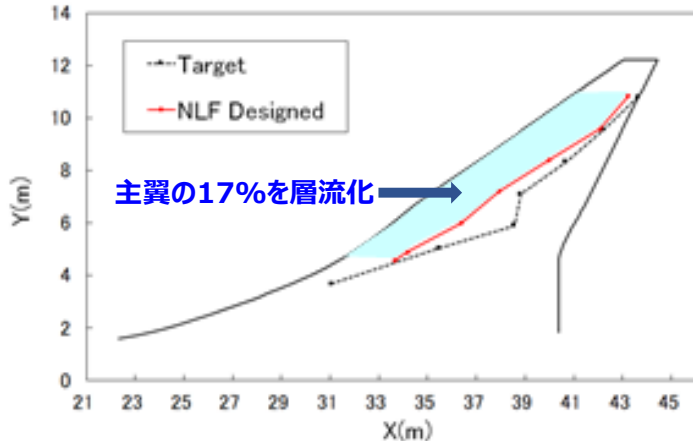
- クルーガーフラップシステムを適用した最適設計及び空力性能評価を行い、簡易支持機構を含むフラップ形状により  $L/D=9.05$  @ $CL=0.65$ を達成することをCFD解析により確認した。
- エンジン諸元の変更、空力性能改善、低騒音ノズル、騒音遮蔽・反射効果を考慮した機体モデルに対して、ICAO活動において海外国際機関と相互検証した騒音評価ツールにより技術目標達成を確認した。



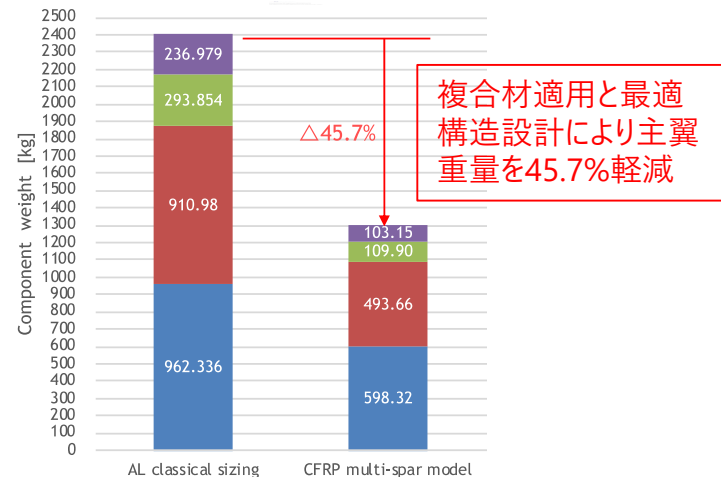
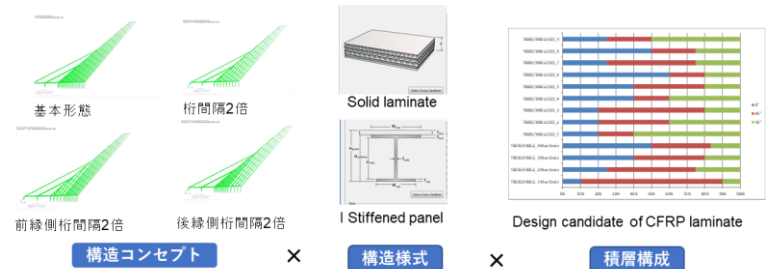
## 【③揚抗比、④構造重量】

自然層流翼設計技術の適用等による巡航揚抗比目標 (L/D=8) 達成を確認した。複合材の配向角や板厚の最適設計による構造重量21%減に相当する主翼構造重量軽減を確認した。

- 抵抗低減技術に関しては、自然層流翼設計技術を高度化し、翼厚の拘束等も考慮したうえで実機相当の高レイノルズ数で自然層流翼を実現する主翼表面圧力分布設計手法を考案した。さらに、揚力分布を維持する設計により低ブーム設計との両立を図るとともに、ねじり角の修正により圧力抵抗増加を抑えた設計手法を考案し、低ブーム設計と両立した機体形状において低抵抗の技術目標 (揚抗比8以上) の達成を高精度CFD解析により確認した。
- 軽量化に関しては、構造コンセプト (桁配置の最適化)、構造様式の選定、複合材の配向角や板厚の最適設計を適用し、有限要素法解析モデルによる解析の結果、構造重量21%減に相当する主翼構造重量軽減を確認した。

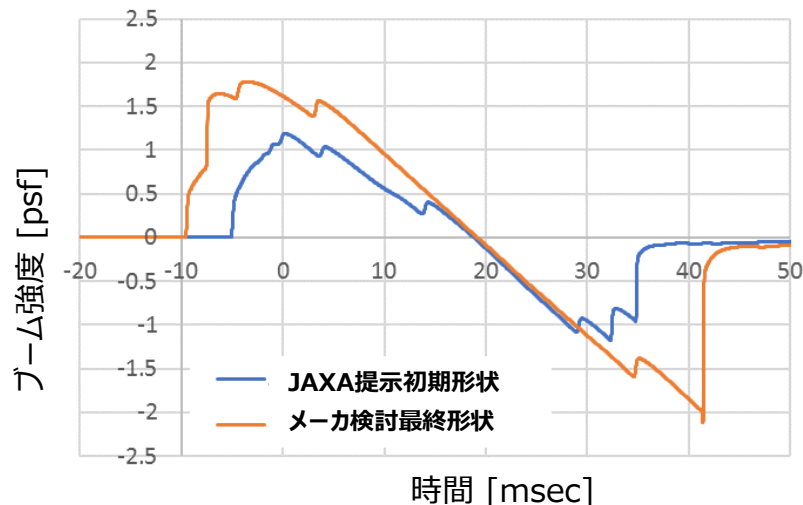
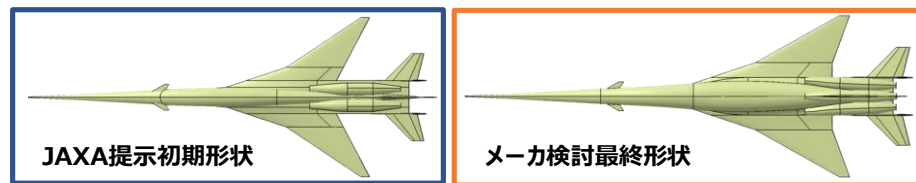
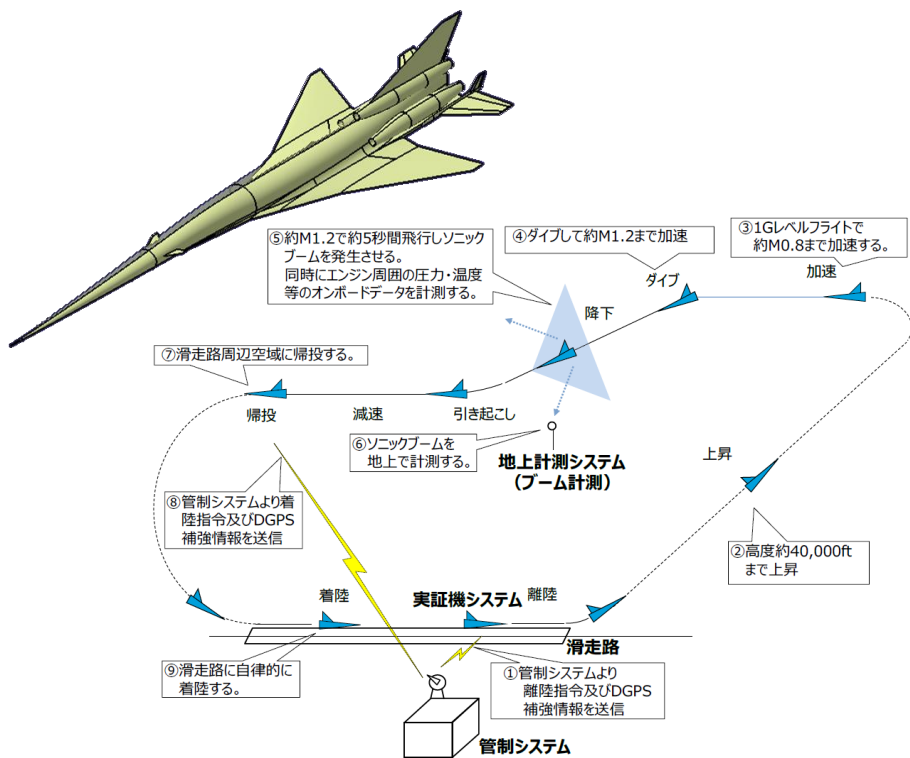


● 複数の構造様式、材料、積層構成の考慮による解空間の拡大



## 自動離着陸無人実証機による全機ロバスト低ブーム設計技術実証可否

- 航空機メーカーとともに実証機のプロトタイプを実施し、無人実証機として成立性の高い実証システムを見出すことができたが、無人実証機としての成立性を高めるために実施した形状変更により、最終的に得られた実証機のソニックブーム推算波形は、JAXAが提示した初期形状に対して低ブーム特性が悪化することが判明した。自動離着陸無人実証機を成立させるためのシステム制約（装備性や低速空力性能等）に対応した形状修正（胴体容積の増大、主翼・尾翼面積の増大、等）が原因と考えられることから、有効な低ブーム実証機とするためには、脚装備や燃料タンク容量要求を緩和し得る他の実証システムも検討する必要がある。



全機ロバスト低ブーム設計技術実証システム検討例

## 外部有識者委員会の提言：

国の戦略として研究開発を進めていくためには、その司令塔となる協議会の様な体制を設置することが重要である。設置に向けてはJAXAが調整役となって体制検討を進めることが効果的であり、関連省庁、産業界の連携を促す体制とすることが望まれる。研究開発の実施体制としては、当面はJAXAを中心とした共同研究や委託研究を主体とするR&Dプログラムとして進めつつも、その活動の拡大を目指していくことが重要である。

## R&Dプログラムの構成

### ◆ 協議会

- ビジョンやRMを協議し、技術目標を示す。
- 技術・基準策定の動向、研究開発成果等、必要な情報を共有する。

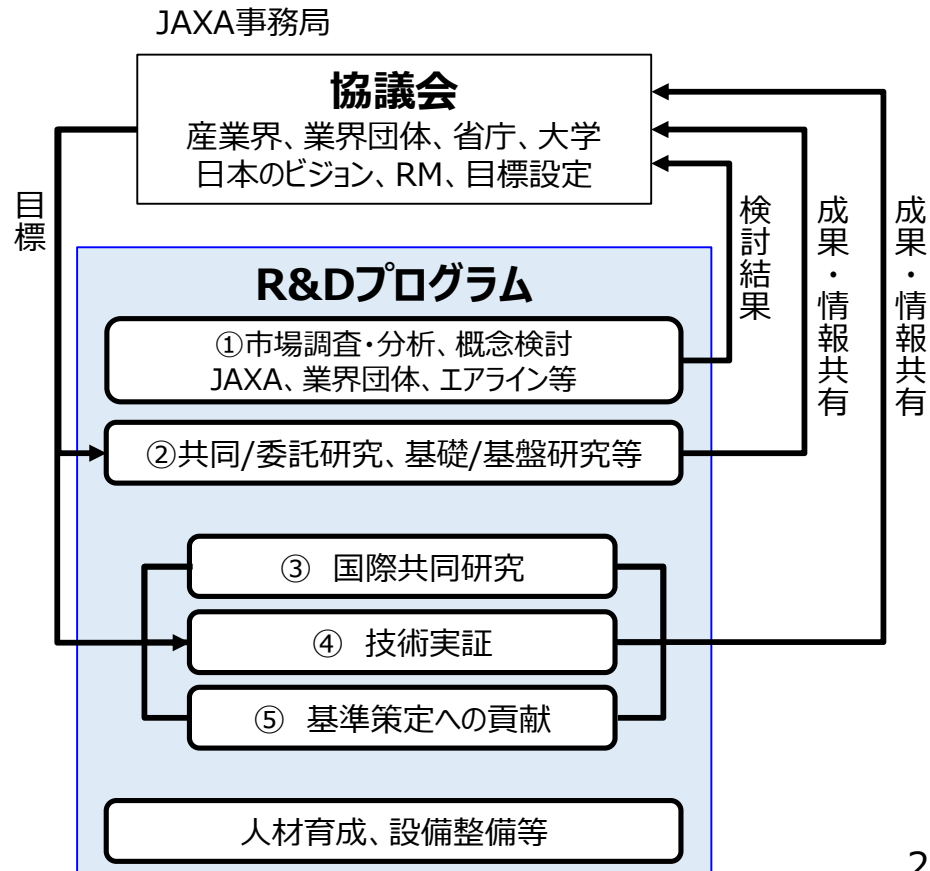
### ◆ R&Dプログラム

- 市場調査・分析、概念検討を実施するとともに、国内の研究開発体制を充実する。

## JAXAの役割

### ◆ 日本の技術力を示す

- 超音速機実現に向けた技術ソリューションを示し、我が国産業界と連携して技術実証を行う。



## 尾排効果を含む近傍場波形取得を可能とする試験環境と技術を開発した。

- 後端低ブーム設計のTRLを上げるには**エンジン排気が形成する近傍場圧力波形を正確に模擬できることが重要**。
- そのためにはエンジン排気プルームの形状を正確に模擬し、そのプルーム形状に対して近傍は波形を計算する必要があるが、解析的、数値的な研究例は有るものの、実験的な検証データが乏しい。

## エンジン排気プルームの形状に影響を与えると考えられるパラメーター

- 飛行高度に対応したノズル圧力／温度比、比熱比およびノズル／ナセル形状の**排気条件の組み合わせ**
- マッハ数、迎角等の**飛行条件の組み合わせ**

## 基盤技術としての成果

- 排気条件の組み合わせは限定的であるものの、超音速風洞でガスの組成が異なる冷気流ジェットのスプレッドによる模擬は可能（下図）。飛行条件の組み合わせは模擬できている。CFDの検証に十分なデータを取得した。
- CFDでは風洞試験の条件に合わせて、**風洞丸ごと解析することが可能になっている** → **基盤として優位**

