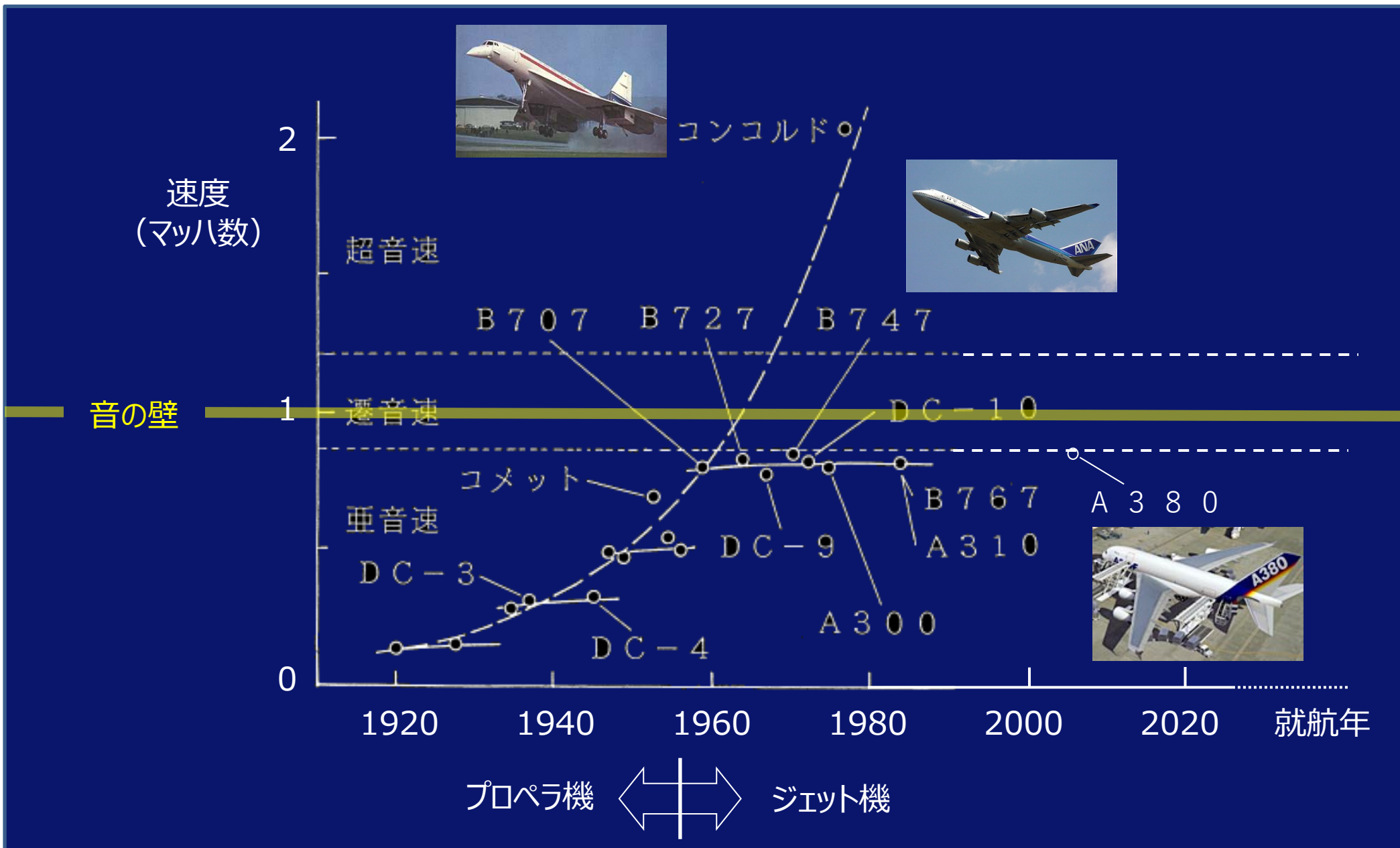


# 静粛超音速機統合設計技術の研究開発 ～陸上超音速飛行が可能な民間超音速機の実現に向けて～

宇宙航空研究開発機構 航空技術部門  
航空システム研究ユニット ユニット長  
牧野好和

1. これまでの民間超音速機
2. 民間超音速機に関する最近の動向
3. 民間超音速機実現に向けた課題
4. JAXAの超音速機研究開発
  4. 1 これまでの取り組み
  4. 2 現在の取り組み
  4. 3 今後の方向性
5. まとめ



# 1. これまでの民間超音速機 コンコルド

## 英仏共同開発超音速旅客機コンコルド (Concorde)

飛行マッハ数 2.05

全長 62 m

翼幅 26 m

最大離陸重量 180 ton

航続距離 6300 km

乗客数 128人

初飛行 1969.3.2

運賃 約70万円 (NY-London片道)

離着陸騒音 ICAO Chapter II適用例外

陸地上空超音速飛行 禁止

製造機数 16機 (プロトタイプ4機を除く)

運航停止 2003.5 (Air France)

2003.10 (British Airways)



<http://www.concordesst.com/home.html>

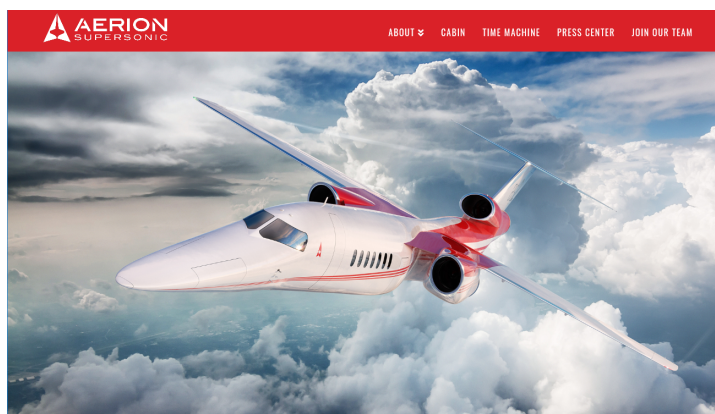
# 2. 民間超音速機に関する最近の動向

## 米国ベンチャーによる実機開発計画

2020年代半ばの就航を目指して複数の米国ベンチャー企業が実機開発を進めている。

Aerion : Boeingとの連携、GEとのエンジン開発、Honeywell等との装備品開発等で開発を加速。

Boom : JAL、Virgin等が出資。開発中のサブスケールプロトタイプで2020年に初の超音速飛行試験予定。



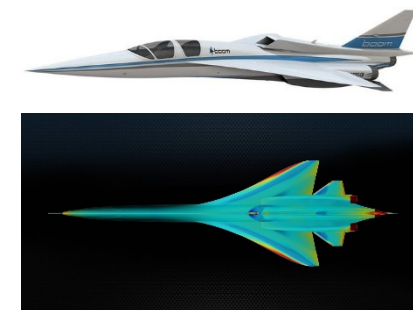
<https://www.aerionsupersonic.com>



キャビンレイアウト例



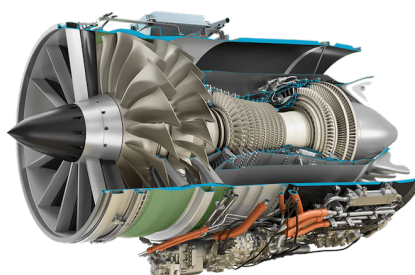
<https://boomsupersonic.com>



実証機XB-1

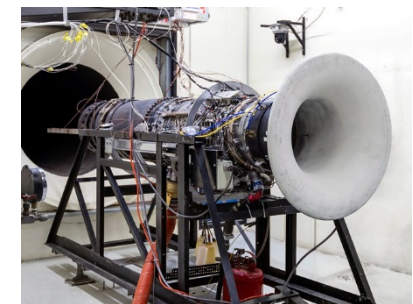
Aerion AS2	
座席数	8-18席
巡航速度	Mach 1.4
陸上飛行速度	マッハカットオフ※
エンジン	GE Affinity 3基

※ 超音速だがソニックブームが地上に届かない速度での飛行



GE Affinityエンジン

Boom Overture	
座席数	40-55席
巡航速度	Mach 2.2
陸上飛行速度	亜音速飛行
エンジン	TBD 3基

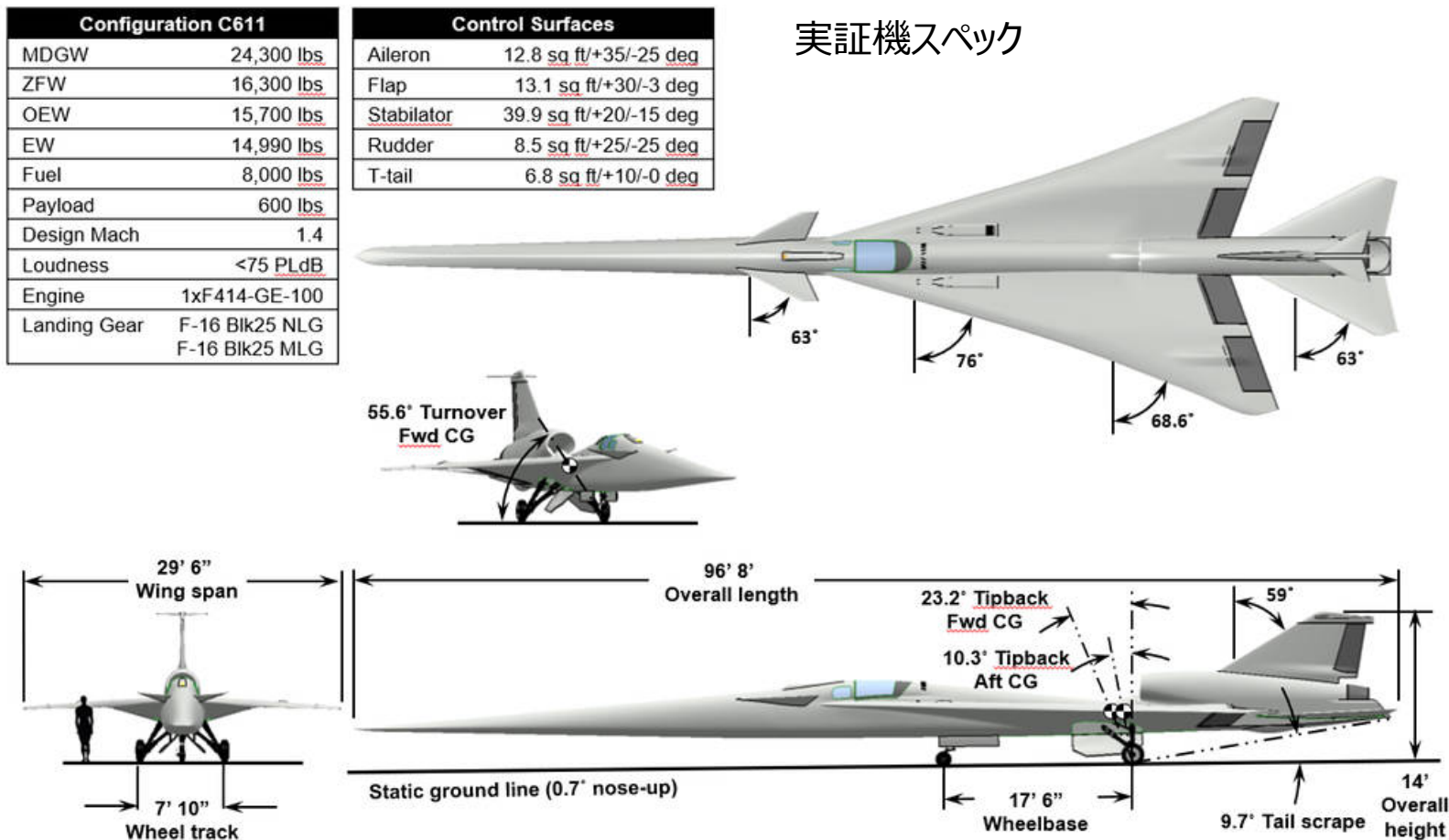


GE J85-15エンジン (XB-1用)

# 2. 民間超音速機に関する最近の動向

## NASA低ブーム実証機 (LBFD, QueSST, X-59)

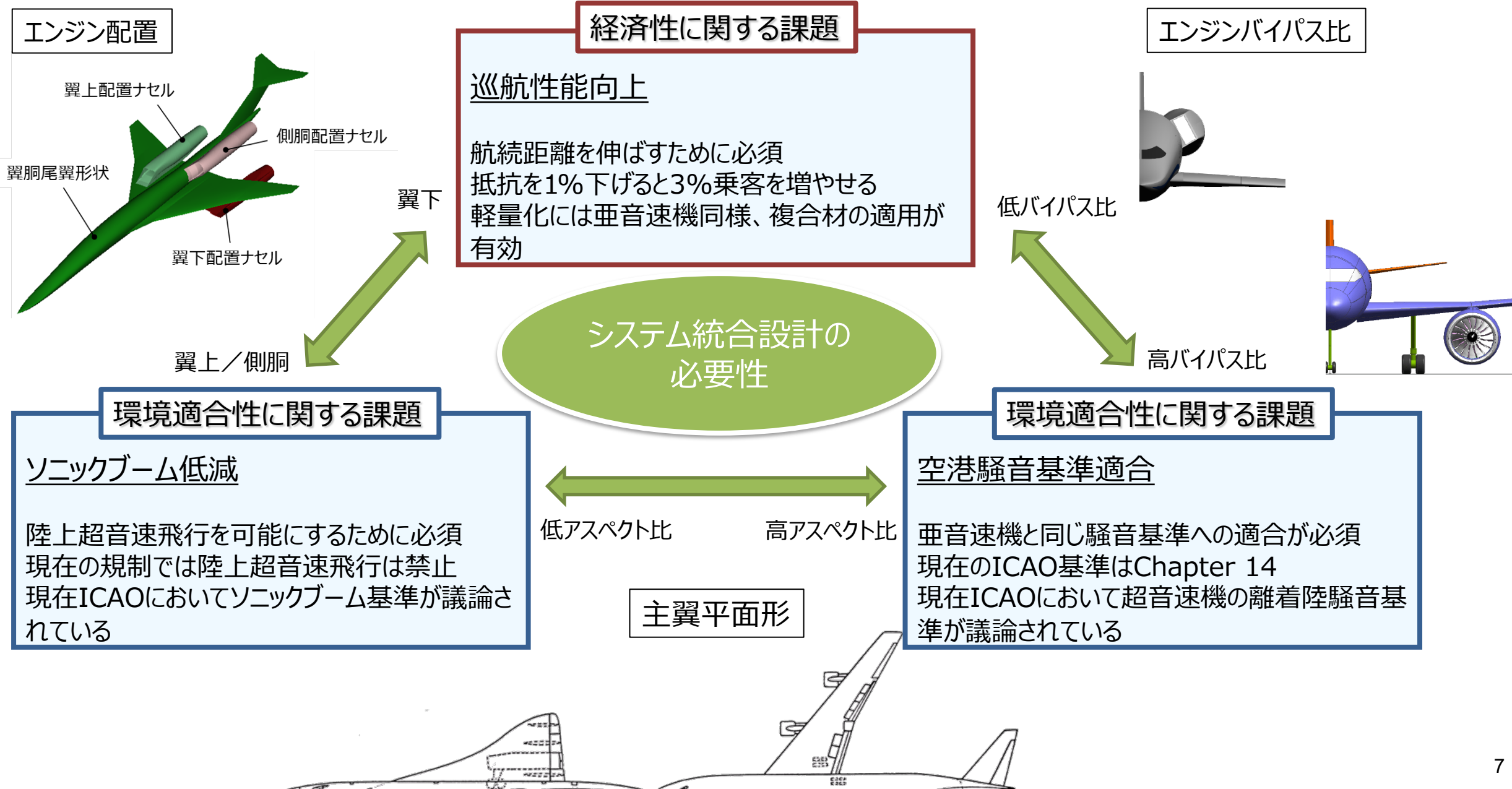
NASAはICAOにおけるソニックブーム基準策定に寄与することを目的として、有人低ブーム実証機の開発を進めている。



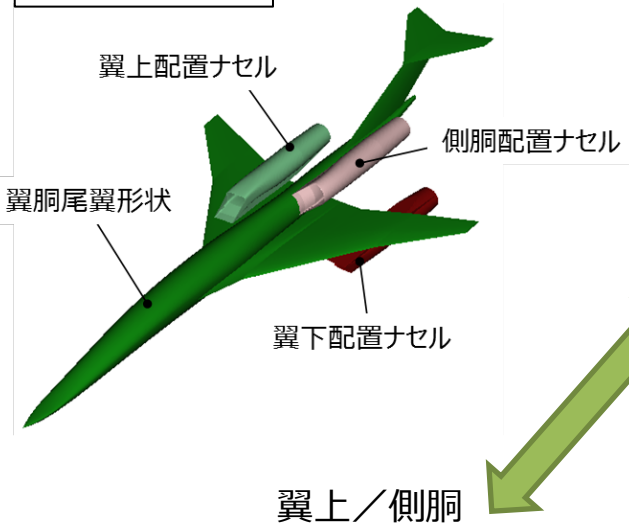
### NASA QueSSTスケジュール

Phase1 : 2018-2022	機体開発 (初飛行2021)
Phase2 : 2022-2023	音響検証
Phase3 : 2023-2025	社会反応調査
Phase4 : 2026	規制当局へ最終データ提供

# 3. 民間超音速機実現に向けた課題



## エンジン配置

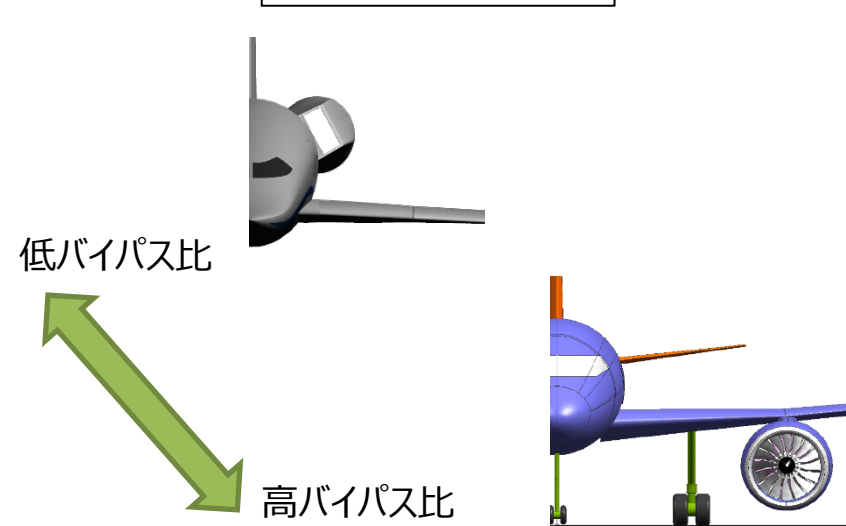


## 経済性に関する課題

### 巡航性能向上

航続距離を伸ばすために必須  
抵抗を1%下げると3%乗客を増やせる  
軽量化には亜音速機同様、複合材の適用が有効

## エンジンバイパス比



## 環境適合性に関する課題

### ソニックブーム低減

陸上超音速飛行を可能にするために必須  
現在の規制では陸上超音速飛行は禁止  
現在ICAOにおいてソニックブーム基準が議論されている

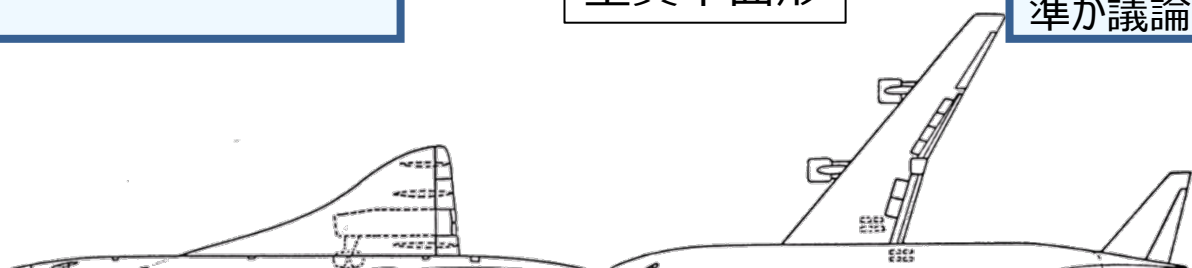
## 環境適合性に関する課題

### 空港騒音基準適合

亜音速機と同じ騒音基準への適合が必須  
現在のICAO基準はChapter 14  
現在ICAOにおいて超音速機の離着陸騒音基準が議論されている

システム統合設計の  
必要性

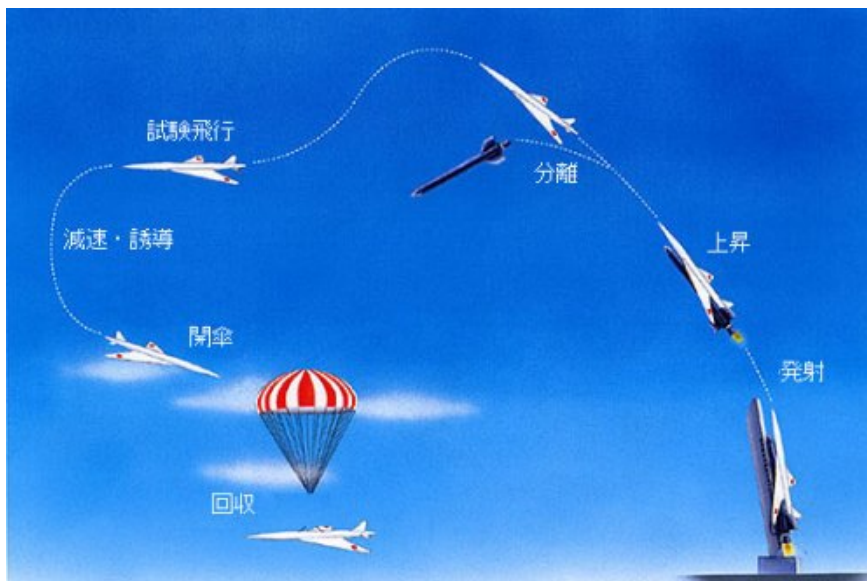
## 主翼平面形



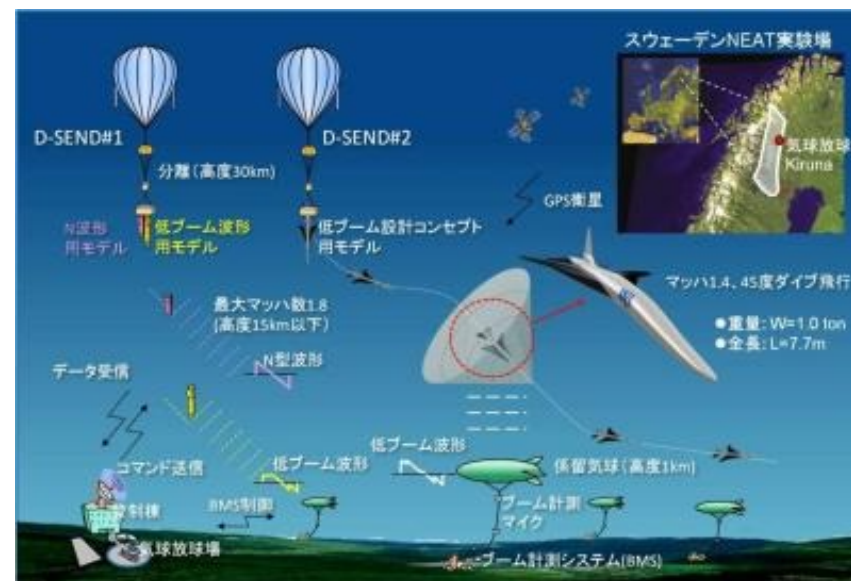
## 小型超音速実験機 (NEXST-1)



## 低ブーム設計概念実証機 (D-SEND#2)



無推力実験機ロケット打ち上げ試験



無推力実験機バルーン落下試験



## 静粛超音速機統合設計技術の研究開発

- 超音速旅客機が実現するには、環境基準への適合性と経済的成立性の両立が不可欠。これまでの成果（低抵抗設計技術：NEXST1及び低ソニックブーム設計技術：D-SEND#2）を踏まえ、超音速旅客機が成立するための鍵となる3つの課題、ソニックブーム低減／空港騒音基準適合／巡航性能向上の目標を同時に満たす機体設計技術を獲得し、最終的にはシステムとしての実現性を実証することを目指す。
- 超音速機市場開拓に必要な国際基準策定への貢献に取り組むとともに、上記3つの課題解決に必要な要素技術（下右表）に対する技術目標（下左図）を満足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ている。
- 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でいる。

【技術参照機の要求仕様と技術課題】

**【要求仕様】**  
 乗客 : 50人  
 巡航速度 : マッハ1.6  
 航続距離 : 3,500nm (6,500km) 以上

**【課題】**  
 ソニックブーム  
 空港騒音  
 巡航性能

**【技術目標】**  
 : 85PLdB以下  
 : ICAO Chapter 14適合  
 : 巡航揚抗比8以上、構造重量15%減

【3つの課題と4つの要素技術との関係】

要素技術 \ 課題	ソニックブーム低減	空港騒音基準適合	巡航性能向上
低ブーム／低抵抗	✓		✓
エンジン低騒音化		✓	
低速空力性能向上		✓	
機体軽量化			✓

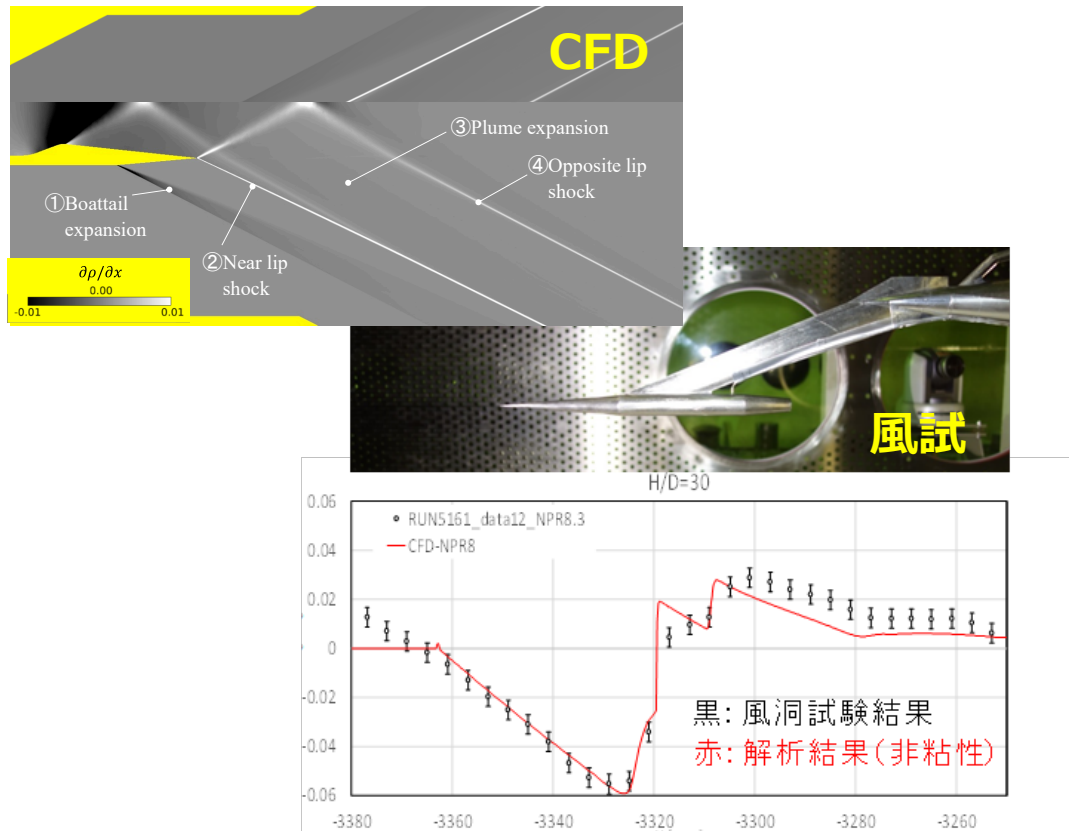
## 【課題1：ソニックブーム関連要素技術研究】

### □ エンジン排気がソニックブームに与える影響評価

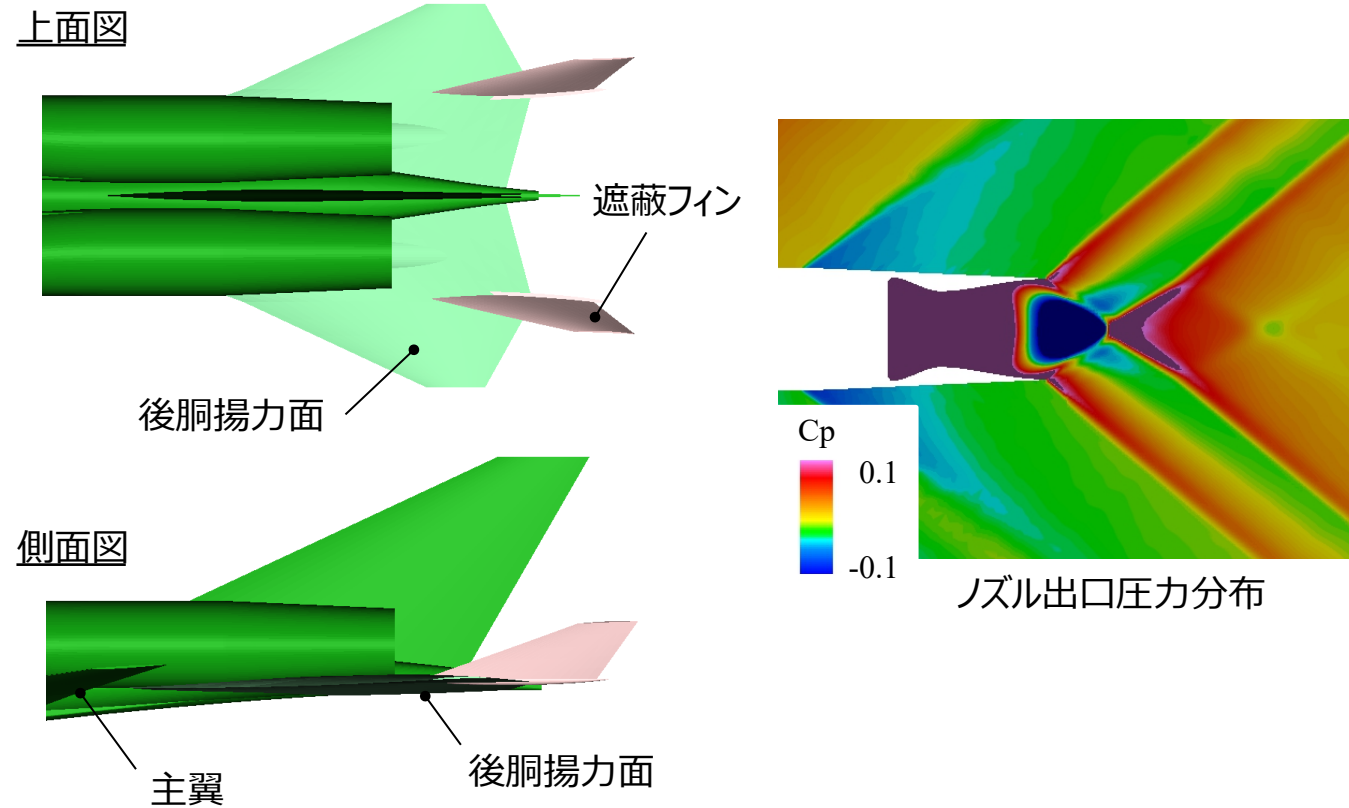
エンジン排気が後端ソニックブーム強度に与える影響につき、数値シミュレーション（CFD）と風洞試験で確認。

### □ エンジン排気の影響を遮蔽する固定フィンコンセプトの創出

エンジン排気の影響を考慮した低ブーム設計コンセプトとして遮蔽フィンを考案し特許出願。



エンジン排気がソニックブームに与える影響評価



エンジン排気遮蔽低ブームコンセプト

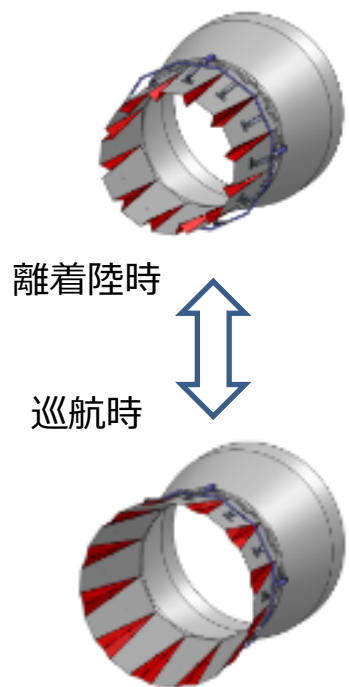
## 【課題2：空港騒音関連要素技術研究】

### □ 低騒音ノズルによるジェット騒音低減

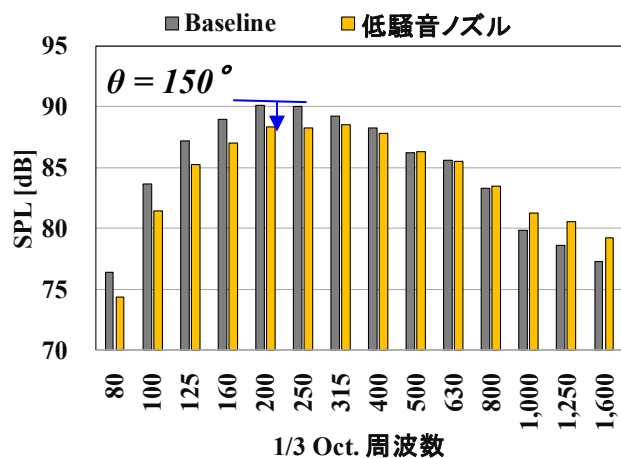
推力損失を最小化しつつ離着陸時のジェット騒音を低減する可変ノズルコンセプトの効果を検証試験等で確認。

### □ 最適高揚力装置による離着陸时空力特性改善

超音速機に適用例のないクルーガーフラップについて、駆動機構が簡素な設計を行い、風洞試験により検証。

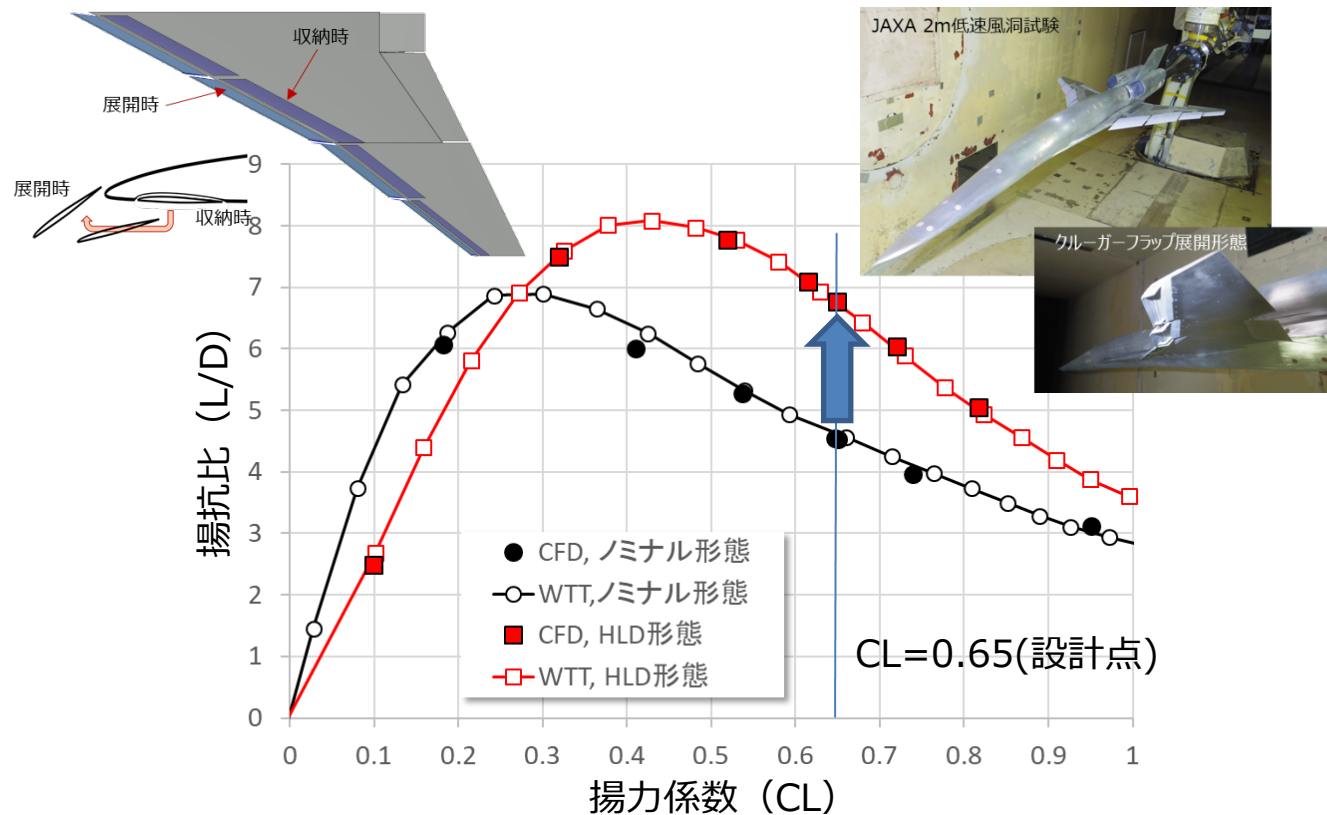


低騒音可変ノズルコンセプト



実験用エンジン適用検証

## エンジン低騒音化（低騒音ノズル効果検証）



## 低速性能向上（クルーガーフラップ効果検証）

## 【課題3：巡航性能関連要素技術研究】

### □ 摩擦抵抗を低減する自然層流翼設計技術

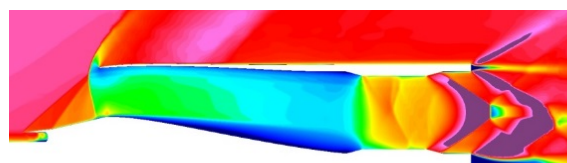
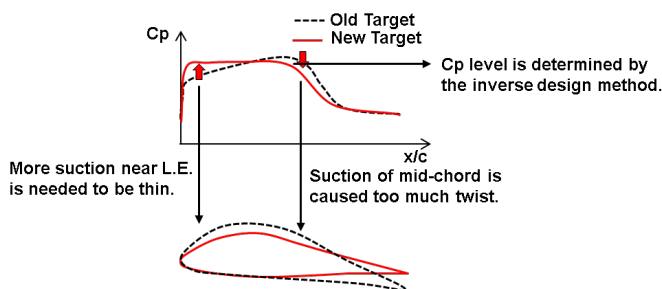
NEXST-1で飛行実証した自然層流翼設計技術を高度化し、小型SSTの主翼に適用検討。

### □ 機体推進系統合設計技術

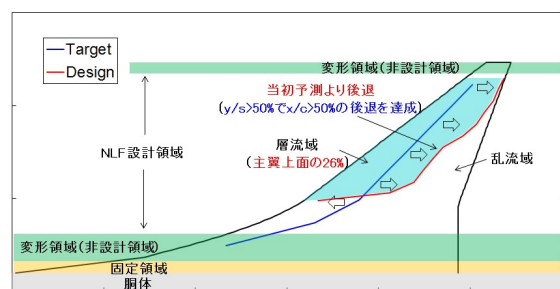
低ソニックブームと低抵抗を両立し得るエンジン配置を検討し、その妥当性を風試検証。

### □ 複合材料適用による機体重量軽減化

亜音速機よりも薄翼である超音速機主翼に対する複合材適用に関し、繊維配向角や積層数及び桁配置を検討。

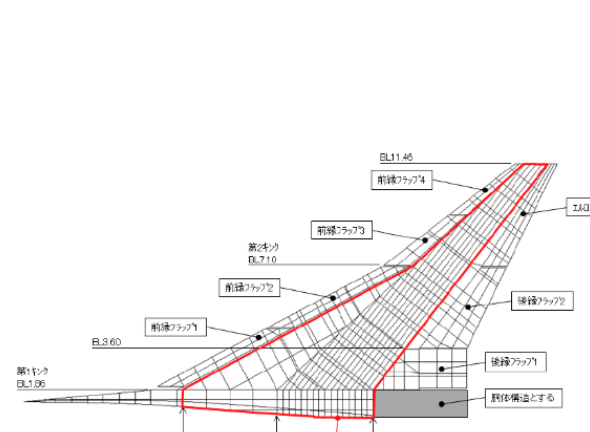


機体推進系統合設計検証

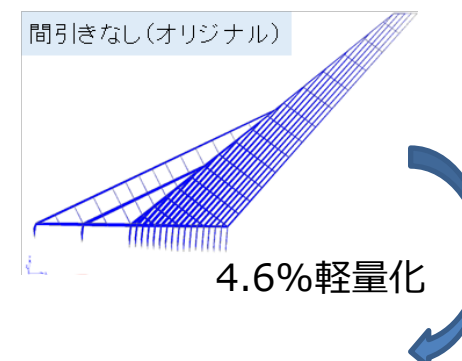


自然層流翼設計結果

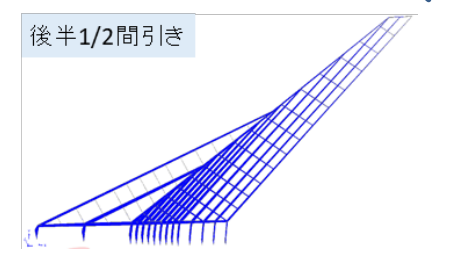
**低抵抗化**



主翼構造とサイジング対象範囲



4.6%軽量化



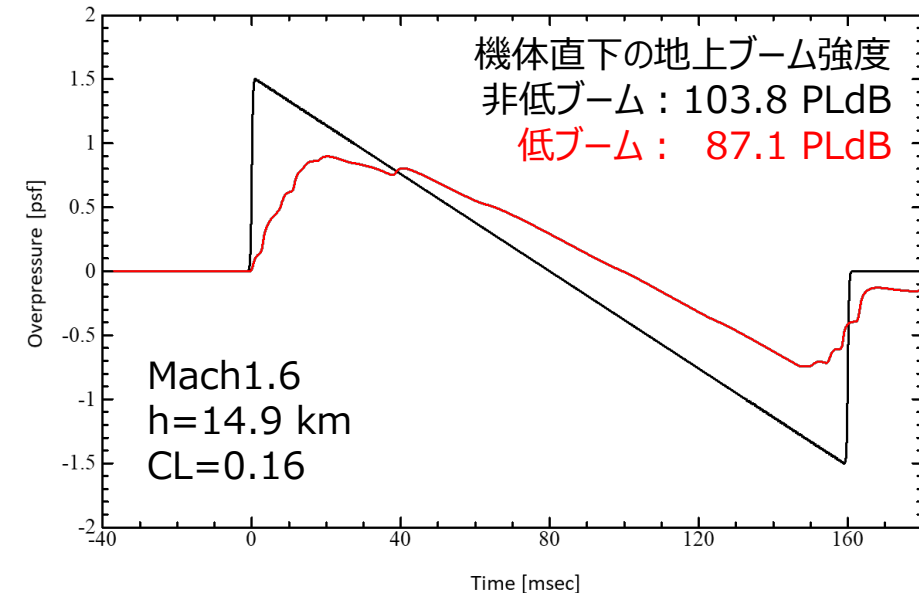
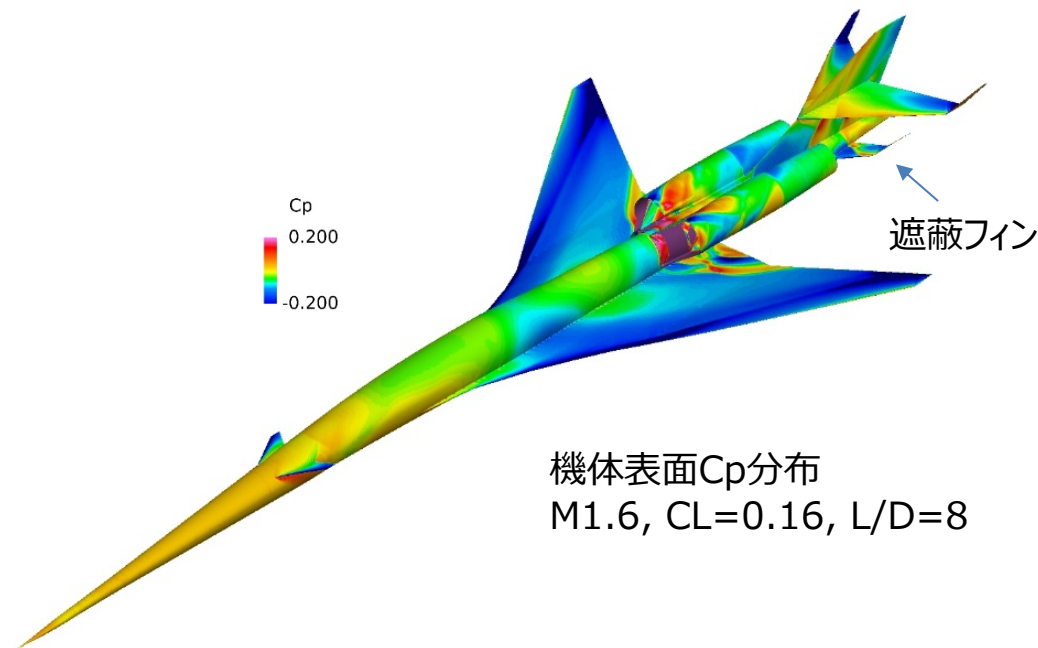
桁配置の最適化

**機体構造軽量化（複合材適用検討）**

## 【システム設計技術】

研究開発した各要素技術を適用し、技術参照機体である**小型超音速旅客機の概念検討を実施**した。

- **ソニックブーム**：遮蔽フィン技術により、低ブーム目標(85PLdB)の達成を見込める87.1PLdBを実現。
- **空港騒音**：最適高揚力装置による低速空力特性改善効果、低騒音ノズルや機体によるエンジン騒音遮蔽効果等により、目標の離着陸騒音基準（ICAO Chapter 14）適合の見通しを示した。
- **巡航性能**：自然層流翼設計との併用により、低抵抗目標(L/D=8)を実現するとともに、複合材の配向角や板厚の最適設計や桁配置の最適化により、構造重量軽減目標達成の見通しが得られた。

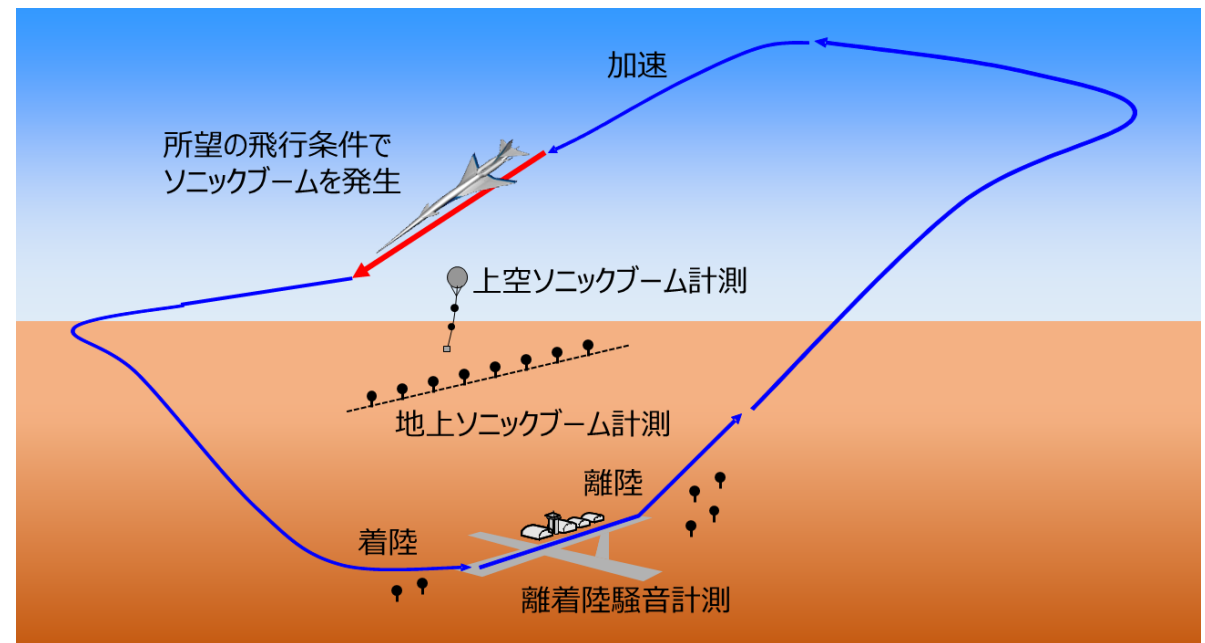
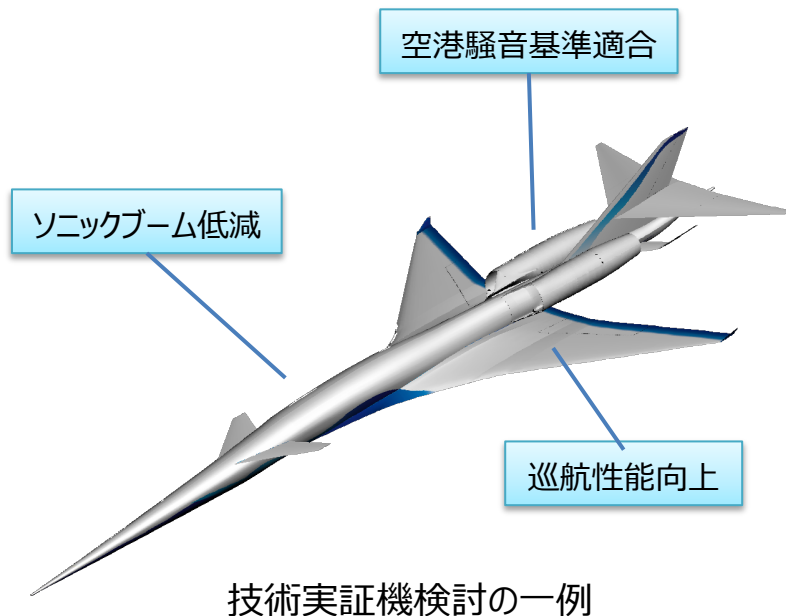


## 【技術実証構想の検討】

静粛超音速機統合設計技術の研究開発で実施している要素技術研究開発やシステム設計技術の成果を、民間超音速機実現につなげていくための最終フェーズとして、キー技術の実証構想の検討を進めている。

## 【技術実証システムに求められる機能要求】

- エンジン排気の影響を評価できる推進系を有すること
- 低ブーム性を評価できる超音速で飛行が可能なこと
- 低ブーム設計のロバスト性を示すため繰り返し実験が可能なこと



現在JAXAが進めている静粛超音速機統合設計技術の研究開発の概要と今後の方向性について紹介しました。

- 世界的に民間超音速機開発に向けた機運が高まってきており、いくつかの海外ベンチャー企業が海上を超音速飛行する実機の開発を進めています。さらに低ソニックブーム設計技術の進歩により、将来的な陸地上空超音速飛行に向けた国際基準策定の議論が進められています。
- この様な背景から、JAXAではこれまでに実施してきたNEXST-1（低抵抗設計技術）やD-SEND#2（低ソニックブーム設計技術）の飛行実証成果をベースに、それらを統合した静粛超音速機統合設計技術の研究開発を進めており、低ブーム／低抵抗設計技術や離着陸騒音低減技術の高度化により、低ブーム超音速旅客機の技術成立性が示されてきています。
- 低ブーム民間超音速機実現のキー技術である統合設計技術の実証構想立案に向けて、無人技術実証機による飛行実証構想を検討しています。

引き続き静粛超音速機の技術開発を行うとともに、将来的な実機開発における体制も念頭にエアラインや民間企業とも連携し、効率的で効果的な実証構想の検討を進めていきます。

ご清聴ありがとうございました。

