

静粛超音速機統合設計技術に関する 技術実証構想の検討状況

2019年（令和元年）7月31日

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

0. 研究開発課題の概要
1. 進捗状況及び成果の見通し
2. 技術実証構想の検討状況
3. 今後の進め方

0. 研究開発課題の概要

【目的】


- 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）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、**低ソニックブーム／低離着陸騒音／低燃費（低抵抗と軽量化）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。

【実施内容】

- 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】 **【技術目標】**
 低ソニックブーム : 85PLdB以下
 低離着陸騒音 : ICAO Chapter 14適合
 低燃費 : 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】

課題 要素技術	低ソニック ブーム	低離着陸 騒音	低燃費
低ブーム／低抵抗	✓		✓
エンジン低騒音化		✓	
低速性能向上		✓	
機体軽量化			✓

1. 進捗状況及び成果の見通し

【国際基準策定への貢献】

超音速機市場の開拓に必要な国際民間航空機関（ICAO）のソニックブームおよび離着陸騒音の基準策定に対して技術的に貢献している。

□ 基準策定への貢献

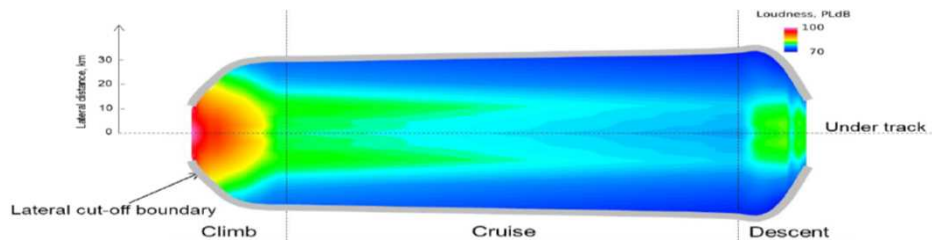
ICAO環境保全委員会（CAEP）WG1（騒音） およびその下に設置されたタスクグループ等にJAXA職員を派遣し、技術検討結果や知見の提供により貢献。（世界で3名の超音速機RFP（Research Focal Point）の1名がJAXA職員）

□ 認証取得に向けた評価・解析技術の研究開発

わが国産業界の国際競争力担保に資するため、基準策定後の認証取得に向けたソニックブーム、離着陸騒音の評価・解析ツールを開発。上記CAEP WG1におけるNASA、DLR、ONERA、TsAGI等の海外機関の解析結果との比較を通じて、JAXAのツールおよび解析技術が世界標準以上の機能・性能を持ち、認証取得に使用可能なレベルであることを確認。

【ソニックブーム基準策定への貢献】

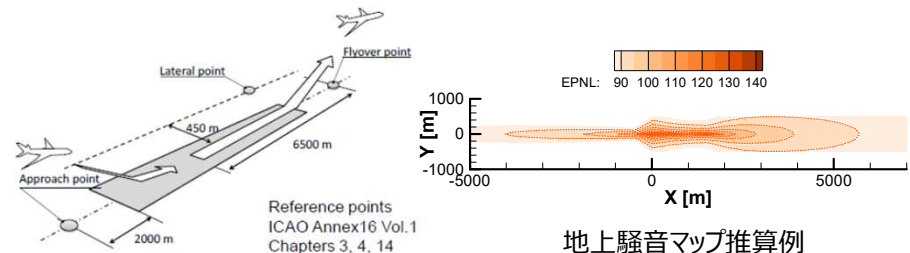
機体近傍から地上までの波形推算・評価ツールを整備し、飛行試験結果や海外各機関の解析結果と比較検証。ブームカーペット内全域の強度分布解析結果等を提供。



ブームカーペット内全域のソニックブーム強度分布

【離着陸騒音基準策定への貢献】

NASAの概念機体に対してJAXAの離着陸騒音評価ツールを適用し、NASA等の結果と比較検証。JAXAツールの機能・性能を確認。



JAXA離着陸騒音評価ツール

1. 進捗状況及び成果の見通し

【要素技術研究】

□ 低ブーム／低抵抗技術

エンジン排気の影響を考慮した低ブーム設計技術の研究開発を実施。エンジン排気がブームに与える影響につき風洞試験で確認。

□ エンジン低騒音化技術

低騒音可変ノズルや機体によるエンジン騒音遮蔽等の効果を検証試験等で確認。

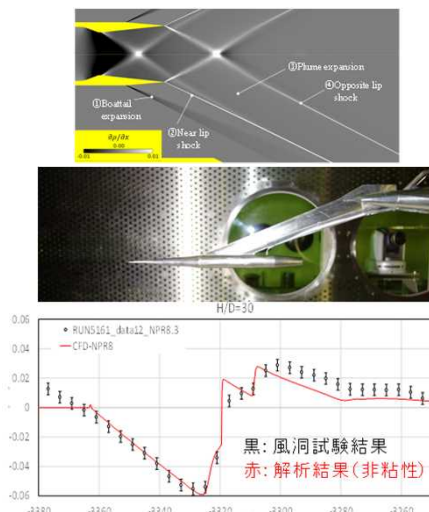
□ 低速性能向上技術

超音速機に適用例のないクルーガーフラップについて、空力性能を維持し駆動機構が簡素な設計を行い、風洞試験により検証。離着陸時の目標揚抗比達成の見込み。

□ 機体軽量化技術

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、主翼構造の重量を軽減。

【低ブーム／低抵抗】



ブームに与える尾排効果の検証

【エンジン低騒音化】

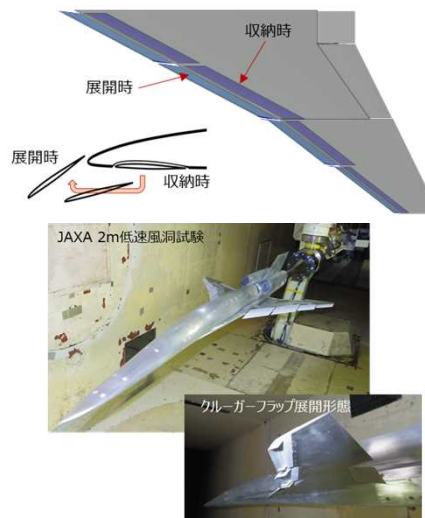


低騒音可変ノズルコンセプト



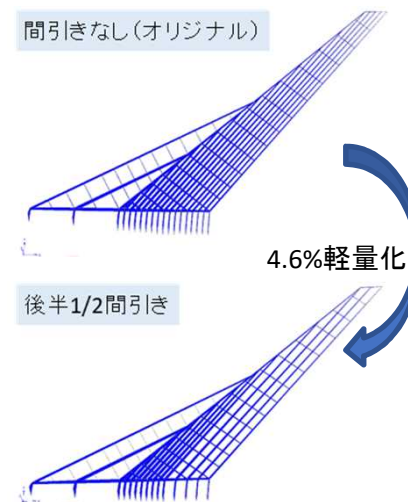
エンジン騒音遮蔽効果検証

【低速性能向上】



クルーガーフラップ効果検証

【機体軽量化】



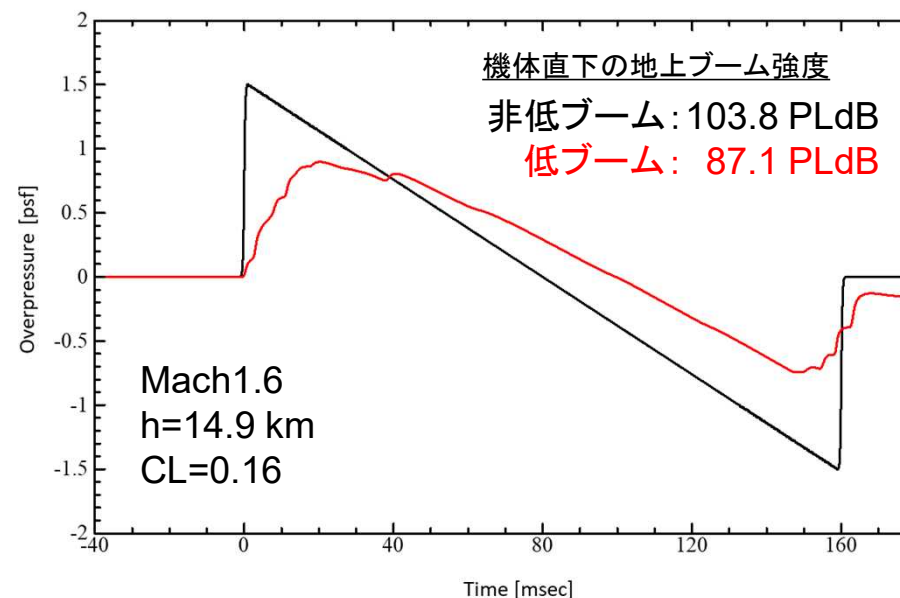
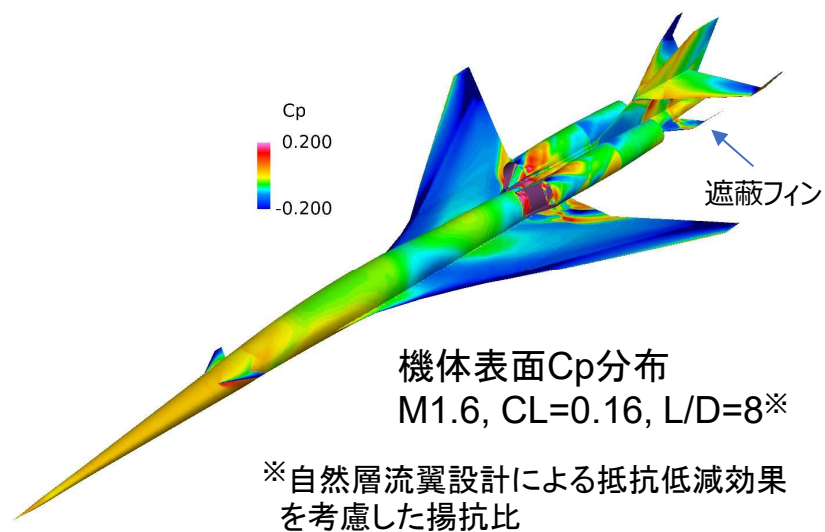
桁配置の最適化

1. 進捗状況及び成果の見通し

【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。

- **低ソニックブーム／低抵抗**： 特許出願した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。さらに、自然層流翼設計との併用により、低抵抗目標(L/D=8)を実現し、**低ブーム／低抵抗の技術目標達成に見通し**が得られた。
- **離着陸騒音**： 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。
- **機体軽量化**： 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、構造重量内訳から**構造重量15%減に相当する主翼構造重量軽減の見通し**が得られた。



2. 技術実証構想の検討状況

「静粛超音速機統合設計技術の研究開発」後の研究開発計画の策定に向けては、以下に示す動向と技術実証方針に基づく検討を経て、我が国産業界の競争力強化に資する視点で計画を具体化する。

【動向】

- ICAOの基準策定の議論と、それに資することを目的としたNASAの低ブーム実証機の開発が進められており、その飛行試験が行われれば早ければ**2025年にもブーム基準が提案され低ブーム超音速機の開発環境が整う**可能性がある。
- 低ブーム設計を適用しない海上のみ超音速飛行する機体ではあるが、ベンチャー企業（Aerion社／Boom社）による実機開発が進んでおり、実用化されれば**より競争力を有する低ブーム超音速機の開発が加速する**可能性が高い。

【技術実証の方針】（案）

- 超音速機開発において我が国産業界が競争力を獲得するためには、これまでの要素技術を中心とした研究開発フェーズから、**全機システムの技術実証フェーズに移行**すべきである。
- 全機システムの技術として、低ソニックブーム／低離着陸騒音／低燃費を同時に満たす機体を設計し、システムとして実証することで、**低ブーム超音速機の実現に必要な鍵技術を獲得する**。
- 具体的には、**エンジンを含めた全機システムの低ブーム設計技術が鍵**であり、**エンジン搭載機体による飛行実証が必要となる**。

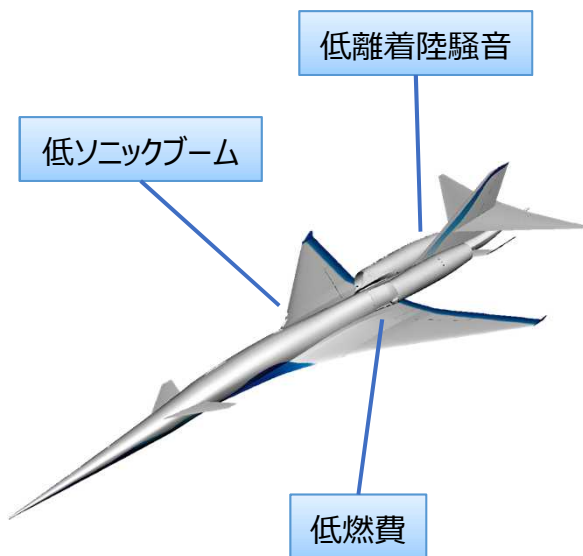
2. 技術実証構想の検討状況

【実証構想の検討例】

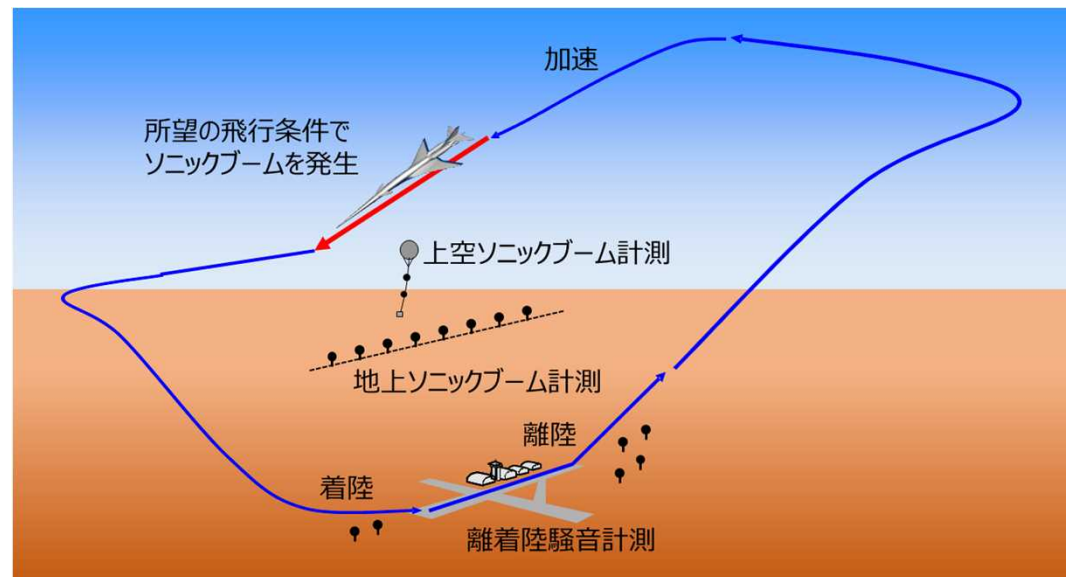
前ページの技術実証の方針案に基づき、飛行実験ミッションとそのミッションを達成するための機能を有する実証機を検討している。今後は我が国産業界の競争力強化の視点でアップデートしていく。

【実証機の検討例に対して設定した機能要求】

- 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





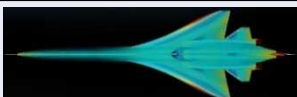
実証機概要



飛行実験概要イメージ




【海外実証構想案との比較】

- 3つの課題（低ソニックブーム／低離着陸騒音／低燃費）を同時に解決し得る設計技術の実証は世界初であり、NASAやBoomに比べ、システム統合度の高い技術実証となる。

実証機	機関	実証時期	課題		
			低ソニックブーム	低離着陸騒音	低燃費
S4TD 	JAXA	2026頃	○	○	○
QueSST (X-59) 	NASA / Lockheed Martin	2025	○	×	×
BabyBoom (XB-1) 	Boom	2019～	×	×	×

(参考) これまでのJAXA実証機

D-SEND及びNEXSTプロジェクトにおいて、低ブーム技術、低抵抗技術を飛行試験で実証した（次ページ参照）。

D-SEND#2 	JAXA	2015	○	×	×
D-SEND#1 	JAXA	2011	○	×	×
NEXST-1 	JAXA	2005	×	×	○

2. 技術実証構想の検討状況

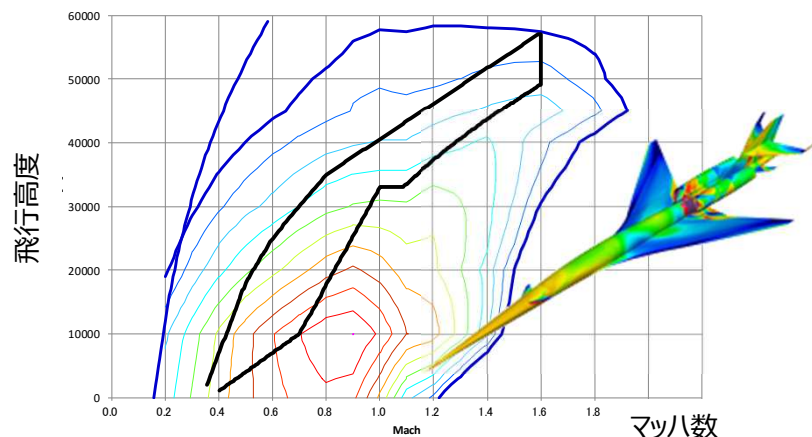
【技術実証フェーズの産学官連携体制の構築】

将来の実機開発を見越して、エアラインとの意見交換、公募研究制度による民間企業との共同研究、日本航空宇宙学会の超音速研究会の設立、産学官メンバーで実施している超音速ビジネスジェット機概念検討等への貢献を通じた産学官連携体制の構築に取り組んでいる。

【民間企業との共同研究】



離着陸騒音低減のための高揚力装置最適設計例



機体推進系統合設計評価を含むミッション解析例

【超音速研究会の設立】

産業界

- SUBARU, MHI, IHI

大学

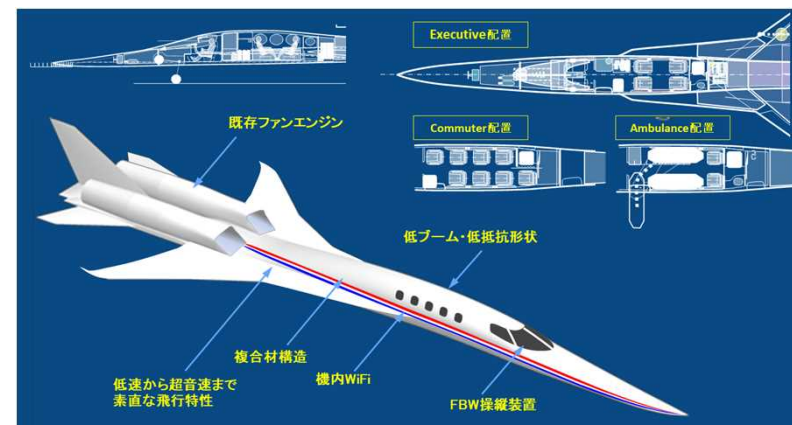
- 首都大, 東京大, 東北大, 名大, 富山大, 室蘭工大, 早大, 長岡技科大, 諏訪東京理科大

研究機関

- JAXA

環境適合超音速旅客機実用研究会 (2018年4月～)

【超音速ビジネスジェット機概念検討】



3. 今後の進め方（案）

来年度に事前評価を受けることを目指し、現研究開発課題終了後に移行すべき実証構想の検討を、以下の通り進める。

- 検討中の実証システムに対し概念設計やリスク低減試験等を行い、**成立性を高める**。
- 実機開発における体制も念頭に民間企業と連携し、また外部有識者委員会等も活用しつつ、**複数の実証構想案でトレードオフ**を行う。
- 以上を踏まえ、**本研究課題終了後に移行すべき実証構想案を策定**する。

併せて、現研究開発課題の終了に向け、以下の活動を行う。

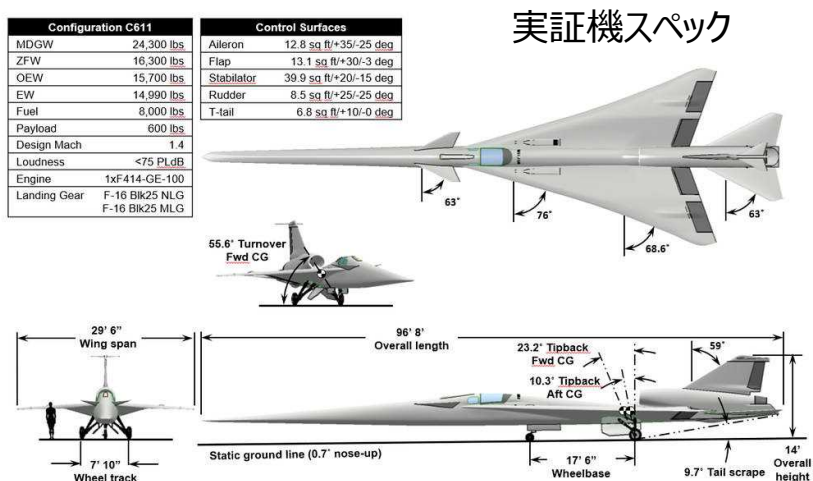
- ICAOのソニックブームおよび離着陸騒音基準策定の議論の進捗に応じた**技術検討を継続して基準策定に貢献する**とともに、**認証を見据えたツール・技術の整備**等を行う。
- 低ブーム／低抵抗設計技術等の**各要素技術研究の高度化**を進めるとともに、風洞試験等の**技術検証活動を継続**する。
- 検証された要素技術研究成果の適用により、技術目標を同時に達成する**参照機体の概念設計を完了**する。

ICAOの基準策定および米国ベンチャーを中心とした超音速機開発が急加速

NASA低ブーム実証機

LBFD (Low-Boom Flight Demonstrator)、
QueSST (Quiet Supersonic Technology) X-59
等と呼ばれる

- Phase 1: 2018-2022 機体開発
2021 初飛行
- Phase 2: 2022-2023 音響検証
- Phase 3: 2023-2025 社会反応調査
- Phase 4: 2026 規制当局へ最終データ提供



米国ベンチャー

2020年代半ばの就航を目指して開発を加速。

- 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。
- 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。

機体コンセプト	boom	AERION CORPORATION
座席数	45-55席	8-12席
航行速度	マッハ2.2	マッハ1.4
陸上飛行速度	亜音速飛行	マッハ1.1-1.2飛行 ※
航続距離	8,300km	7,800-10,000km
巡航高度	60,000ft (18.3km)	51,000ft (15.5km)
離陸滑走距離	10,000ft (3,048m)	7,500ft (2,286 m)
エンジン	15,000-20,000lbs 3基 (45,000-60,000lbs)	15,000-17,000lbs 3基 (45,000-51,000lbs)
スケジュール	就航予定：2020年代半ば	就航予定：2025年

※ 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

<https://boomsupersonic.com> <https://www.aerionsupersonic.com>