

宇宙航空研究開発機構 航空プログラムグループ 公募型研究報告会

IHI

FSC-0572

「小型超音速旅客機用エンジンの性能検討」実施内容概要

【研究課題名】

小型超音速旅客機用エンジンの性能検討

【研究分野/研究題目】

SS(1)：次世代超音速旅客機技術の研究/小型超音速旅客機概念検討

【研究形態】

委託研究

2010.11.26

株式会社 IHI

航空宇宙事業本部 技術開発センター
エンジン技術部 性能・システム技術グループ

目次

IHI

FSC-0572

1. 本研究の目的/位置づけ
2. エンジン性能検討の概要
3. 2009年度の検討結果概要
4. エンジン性能/概略寸法予測方法
- 5-1. 2010年度検討 要求仕様
- 5-2. 2010年度検討 概要
- 5-3. 2010年度検討 スケジュール

1. 本研究の目的/位置づけ(1/3)

小型超音速機研究開発の目的

▶超音速旅客輸送ニーズ調査、事業性試算やエアラインとの意見交換を踏まえ、2015年までの技術的進歩の見通し等から、以下の仕様の小型超音速旅客機を将来実現するための技術開発目標を検討する



(出典) JAXA提供

主要目標仕様

乗客	36-50人(全席ビジネスクラス)
巡航マッハ数	1.6
航続距離	3,500nm以上
滑走路長	8,000ft以下

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 (コンコルド技術比)
離着陸騒音低減	ICAO ^[注] 基準 Chap.4に適合
低抵抗化	揚抗比
軽量化	構造重量15%減 (コンコルド技術比)

[注] International Civil Aviation Organization (国際民間航空機関)

3

1. 本研究の目的/位置づけ(2/3)

本研究の目的/位置づけ

▶小型超音速旅客機の検討でミッション検討を行うためには、エンジン性能の推定が不可欠となる。また、離着陸時の騒音は超音速旅客機として大きな課題であり、その評価のためにもエンジン性能の推定が重要となる

▶そこで、小型超音速旅客機用エンジンの性能検討、概略寸法および重量推算を実施し、レファレンスエンジン^[注]を定義することを目的とする

▶なお、2009年度にJAXA委託研究として、候補エンジン^[注]1ケースの検討実施済み

[注] レファレンスエンジン=最終的に機体評価に用いるエンジン、候補エンジン=レファレンスエンジンの候補

背景/課題

▶機体に適したエンジンを定めるためには、機体検討結果を用いて、機体全体システムとしての評価によりエンジンサイクルを選定することが課題となる

▶エンジンサイクルの選定には、機体検討や機体側によるエンジン性能評価結果が必要不可欠であり、これらの機体側の検討はJAXAに実施いただき、その検討結果等の提示を受けるものとする

研究目標

▶全体目標

✓小型超音速旅客機用エンジンのレファレンスエンジンを定義し、機体システムの評価に用いるエンジン性能テーブルを提示する

✓本研究を通じて、エンジン-機体の統合設計方法に関する知見を得ることが期待できる

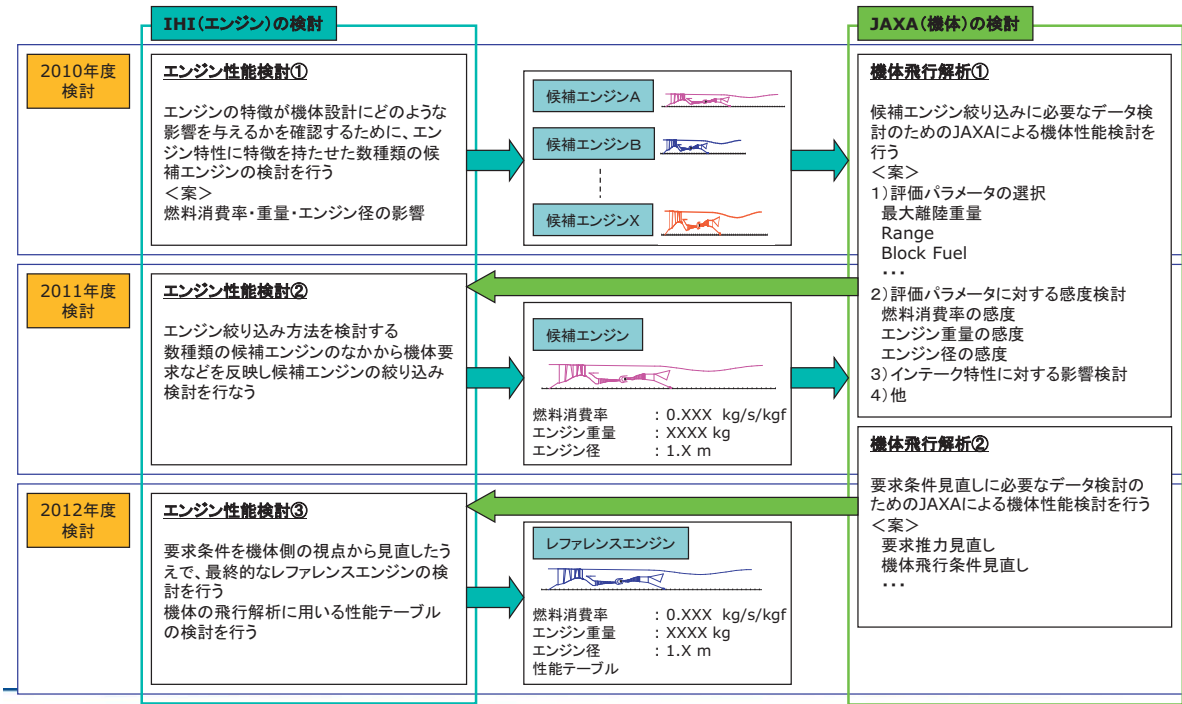
▶2010年度の目標

✓候補エンジンの検討を行いエンジン性能等を算出する

4

1. 本研究の目的/位置づけ(3/3)

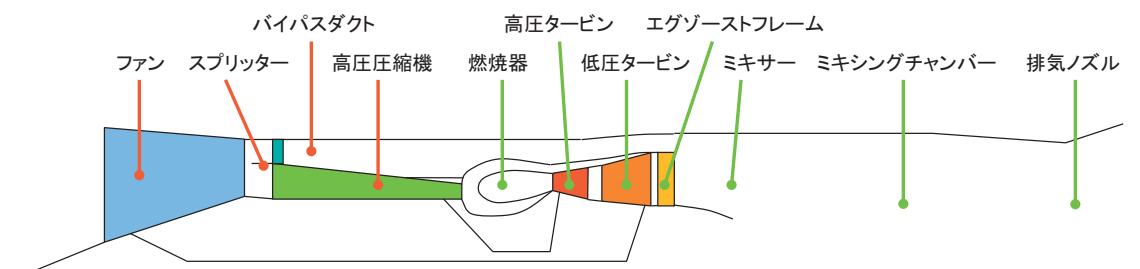
3年間の検討フロー(案)



5

2. エンジン性能検討の概要(1/2)

エンジン構成要素

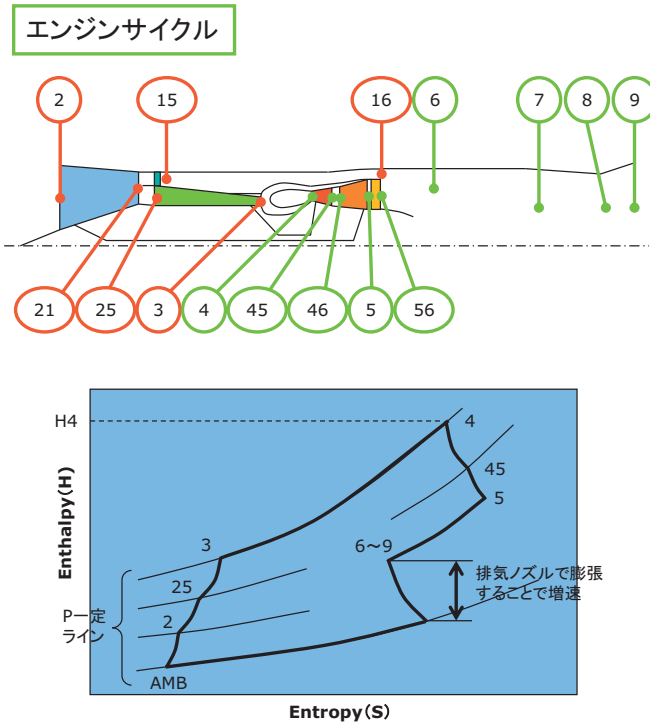


パラメータ/用語の定義

- バイパス比 : バイパスダクト入口質量流量 / 高圧圧縮機入口質量流量
- 全体圧力比 : 高圧圧縮機出口全圧 / エンジン入口全圧
- タービン入口温度 : 高圧タービン入口全温
- コアエンジン : 高圧圧縮機～高圧タービン部分
- コア側 : 高圧圧縮機入口～エグゾーストフレーム出口
- バイパス側 : バイパスダクト入口～バイパスダクト出口

6

2. エンジン性能検討の概要(2/2)



ステーション番号	要素名	位置
2	ファン	入口
		出口
21	ミッドフレームダクト	入口
		出口
25	高圧圧縮機	入口
		出口
3	燃焼器	入口
		出口
4	高圧タービン	入口
		出口
45	トランジションダクト	入口
		出口
46	低圧タービン	入口
		出口
5	エグゾーストフレーム	入口
		出口
15	バイパスダクト	入口
		出口
16	ミキサー	入口(バイパス側)
		入口(コア側)
56	ミキシングチャンバー	入口
		出口
6	排気ノズル	入口
		スロート
7	排気ノズル	入口
		出口
8	排気ノズル	入口
		出口
9	排気ノズル	入口
		出口
AMB	---	大気状態

3. 2009年度の検討結果概要

検討内容概要

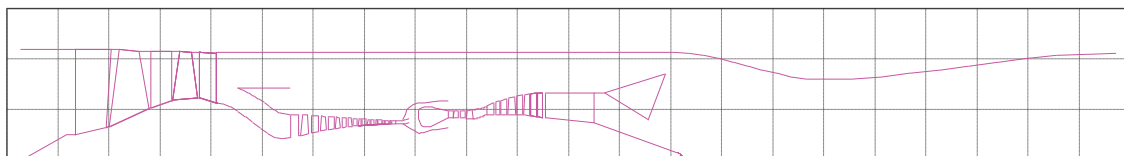
- ▶エンジン性能予測
 - ✓熱力学的なサイクル計算により、代表的エンジン1ケースについてエンジン性能予測を行う
- ▶エンジン概略寸法予測
 - ✓性能予測を行ったエンジンについて概略寸法を検討し、エンジン概略図を作成する
- ▶飛行条件
 - ✓右表参照(設計点は②「超音速巡航条件」)
- ▶排気速度設定
 - ✓離陸時騒音がICAO基準 Chap.4を満足する排気速度となるよう調整

#	飛行条件	高度/機速/外気温	要求推力	抽気	抽出力
①	離陸時条件	SL/0.0Mn/ISA ^[注]	15トン	なし	なし
②	超音速巡航条件	50kft/1.6Mn/ISA	4.5トン	なし	なし
③	加速上昇条件1	40kft/0.9Mn/ISA	3.6トン	なし	なし
④	加速上昇条件2	45kft/1.2Mn/ISA	なし	なし	なし
⑤	亜音速巡航条件	30kft/0.9Mn/ISA	なし	なし	なし

検討結果

[注] SL=Sea Level(海面高度)、ISA=International Standard Atmosphere(国際標準大気、SLでは15°C)

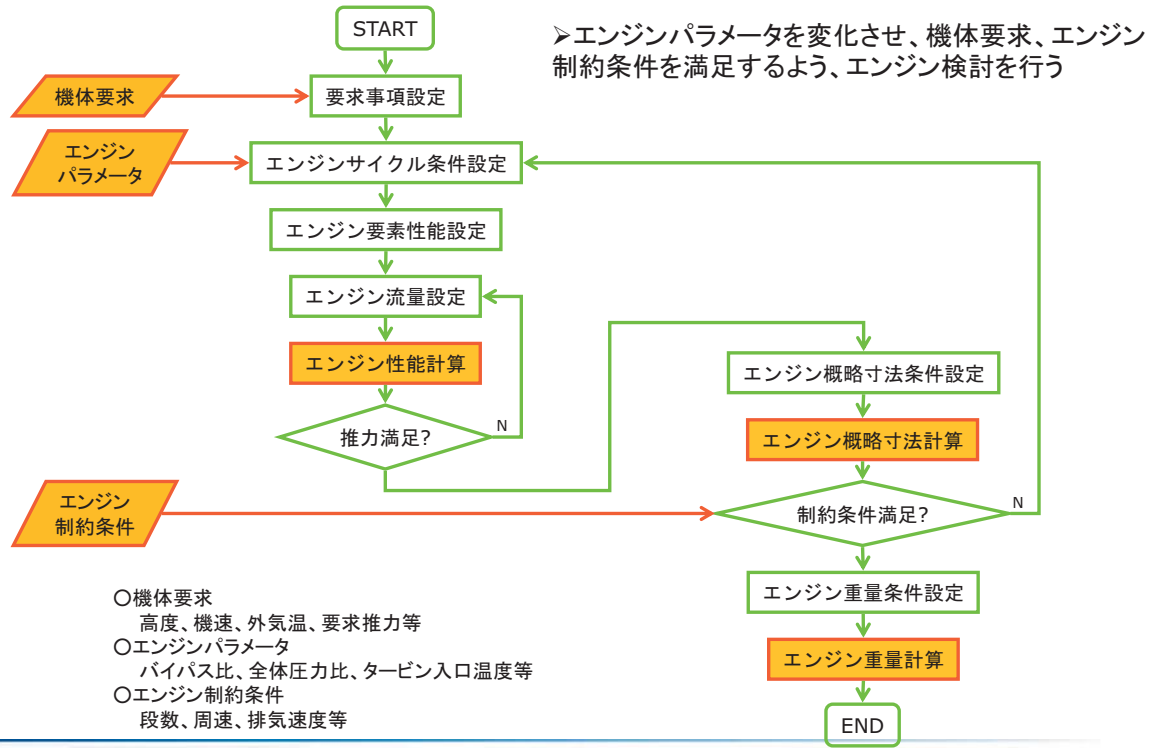
- ▶制約条件を満足する代表的エンジン1ケースを選び、各飛行条件におけるエンジン全体性能、各要素性能に関するパラメータ、およびエンジン重量を予測した
- ▶段数：ファン2段、高圧圧縮機9段、高圧タービン2段、低圧タービン4段



4. エンジン性能/概略寸法予測方法(1/2) --- 検討フロー



FSC-0572



9

4. エンジン性能/概略寸法予測方法(2/2) --- 重量予測手法



FSC-0572

概要

➤NASA TM X-2406の式をベースに推定を行う

予測式

ファンモジュール重量 : 直径、アスペクト比、段数、チップ周速の関数

圧縮機モジュール重量 : 平均径、長さ、段数、平均径周速の関数

燃焼器モジュール重量 : 平均径、長さ、高さの関数

タービンモジュール重量 : 平均径、段数、平均径周速の関数

10

5-1. 2010年度検討 要求仕様

IHI

FSC-0572

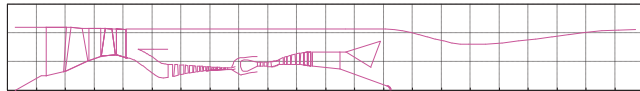
目的

▶エンジンの諸元が機体の飛行性能に及ぼす影響を把握するため、2009年度の検討結果をベースとしたパラメトリックスタディを行い、諸元が様々に異なる複数の候補エンジンを選定する

エンジン想定形態 (2009年度と同じ)

- ▶設計点マツハ数 : 1.6
- ▶エンジン形態 : 2軸/Mixedターボファン/再熱機構なし
- ▶排気ノズル形式 : 円形固定形状ノズル
- ▶エンジンサイクル : 固定サイクル

ベースエンジン (2009年度検討結果)



パラメータ定義

- ▶エンジン主要パラメータ (評価パラメータ) : 燃料消費率、エンジン重量、ファン径
(選定理由) 航続可能距離、搭載可能燃料重量、抵抗等、主要な機体性能への影響が大きく、トレードオフの関係にあるため
- ▶エンジン成立性評価パラメータ (制約パラメータ)
✓空力、構造、騒音成立性評価パラメータ
- ▶エンジン設計パラメータ : バイパス比、全体圧力比、タービン入口温度
(選定理由) エンジンサイクルを決める主要なパラメータであるため

11

5-2. 2010年度検討 概要(1/2)

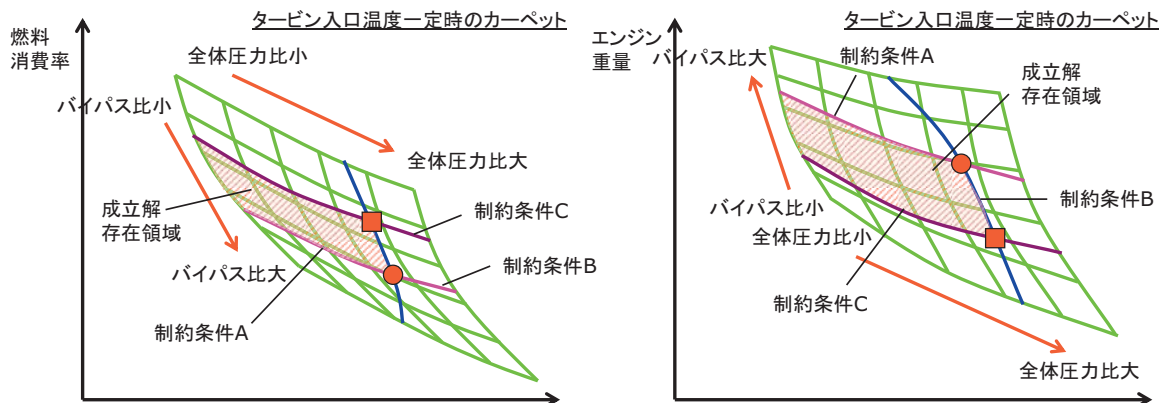
IHI

FSC-0572

パラスタおよび結果の図示方法

- ▶バイパス比、全体圧力比、タービン入口温度を振ったときの燃料消費率、エンジン重量、ファン径のカーペット図を作成
- ▶カーペット上に主要な制約パラメータ一定の等高線を引き、制約を満たす領域の中から候補エンジンを選択

候補エンジン... ● : 燃料消費率重視タイプ、■ : 重量重視タイプ



ただし...

制約条件を緩和すれば、上図のように存在領域内で複数の候補エンジンを選定できるが、実際には制約条件に余裕がなく、候補エンジンは条件ごとに1つに決まる可能性が高い

12

5-2. 2010年度検討 概要(2/2)



FSC-0572

候補エンジンの選定方法

➤基本的な考え方

- ✓機体設計への影響検討のため、エンジン主要パラメータ(燃料消費率、エンジン重量、ファン径)が様々に異なっているエンジンを複数選定
- ✓エンジン設計パラメータのうち、タービン入口温度はエンジン開発において重要な技術レベル(前提条件)となるため、数ケースの設定に対して候補エンジンをそれぞれ選定(バイパス比、全体圧力比は任意)
- ✓エンジン成立性評価パラメータのうち、排気速度は機体全体騒音に大きな影響を与えるため、数ケースの設定に対して候補エンジンをそれぞれ選定(その他のパラメータは設定範囲内)

➤具体的な手順

1. タービン入口温度と排気速度を決め、バイパス比と全体圧力比を振り、エンジン成立性評価パラメータが全て設定範囲内にあるものを抽出
2. 主要エンジンパラメータのカーペット図を作成し、タービン入口温度ごと、排気速度ごとに代表的な数ケースを選定

13

5-3. 2010年度検討 スケジュール



FSC-0572

スケジュール

#	実施内容	2010年			2011年		
		10月	11月	12月	1月	2月	3月
1	報告・調整会		▼	▽	▽	▽	
2	検討内容の立案	↔					
3	パラメトリックスタディ		↔	↔			
3-1	エンジン成立性評価パラメータの整理		↔				
3-2	計算ツールの準備・計算		↔				
3-3	トレードオフ検討・候補エンジン選定			↔			
4	報告書作成				↔		
5	報告会対応		◀▽	11/26			▽ 2/26

※本スケジュールは、検討内容の調整により、適宜見直しを行う

14