

超高速輸送機実用化開発調査 の概要について

平成27年3月26日

一般財団法人 日本航空機開発協会

目 次

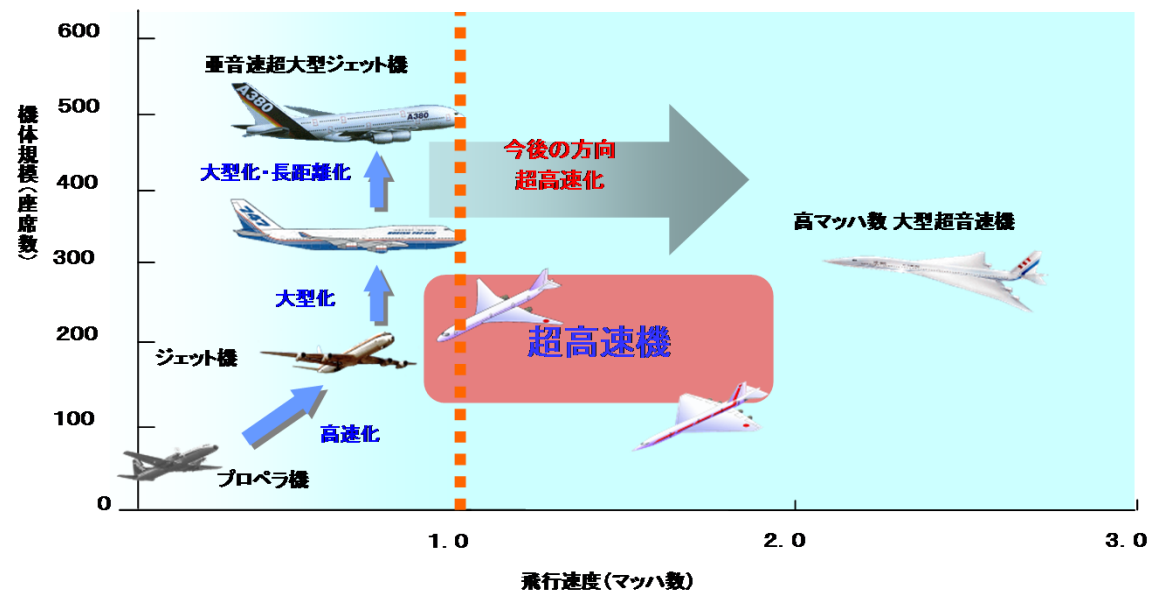
1. プロジェクトの概要
2. 目的・政策的位置付け
3. 目標
4. 成果、目標の達成度
5. 事業化、波及効果
6. 研究開発マネジメント・体制等
7. 中間評価結果

1. プロジェクトの概要

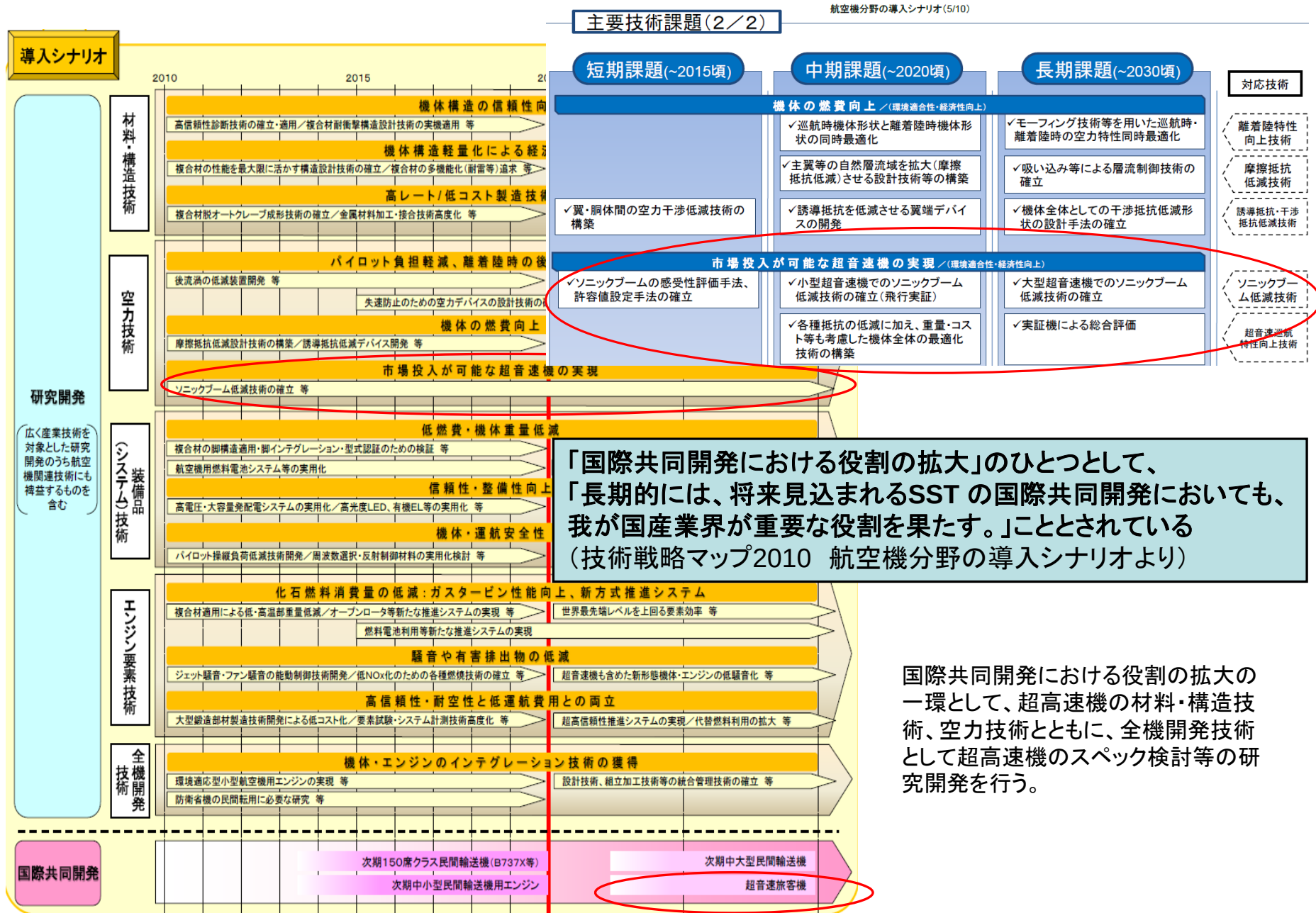
概 要	中長期的に実現が期待される超高速機の国際共同開発において我が国が相応の役割を果たせるよう、重要要素技術を開発するとともに、超高速機のスペック等の検討を行う。
実施期間	平成 14 年度～平成 25 年度 （12年間）
予算総額	39億円(補助率1/2)) (平成14年度:4.0億円、平成15年度:10.5億円、平成16年度:3.7億円、平成17年度:2.1億円、平成18年度:2.4億円、平成19年度:3.1億円、平成20年度:2.5億円、平成21年度:2.7億円、平成22年度:2.2億円、平成23年度:2.2億円)、平成24年度:2.1億円、平成25年度:1.7億円
実 施 者	一般財団法人 日本航空機開発協会
プロジェクト リーダー	東 寿彦 第一企画室 超高速機グループリーダー(参与)

2. プロジェクトの目的・政策的位置付け

- 交通機関の歴史はすべて高速化による利便性の追求であり、航空機はその先端を行くものである。しかし、プロペラ機からジェット機へ代わって以来、目立った速度向上は得られていない。コンコルドの登場により一挙に2倍以上の飛躍が成されるかに思えたが、環境適合性と経済性の問題から市場に受け入れられず、高速化は停滞することになった。
- その後は大型化へ進み、現在はA380超大型機が開発されたが、大型化はほぼ上限に達した感がある。今後は、高速化による旅行時間の短縮の必要性が高まってくると考えられ、コンコルドでは果たせなかった環境性を満足し、かつ経済性に優れた超高速機の出現が望まれる。
- 航空機の高速化とともに、環境適合性と経済性を両立させるために必須となる要素技術を重点的に行い、中長期的に実現が期待される超高速機の国際共同開発において、我が国が相応の役割を果たすことに繋げることを目的とする。



2. プロジェクトの目的・政策的位置付け(続き)



3. 目標

中長期的に実現が期待される超高速機の国際共同開発において、我が国が相応の役割を果たすことに繋げるべく、重要要素技術を開発する。また、将来の国際共同開発において主導的な立場で参画すべく、その時点で想定しうる超高速機のスペック等を設定する。

要素技術		目標・指標	設定理由・根拠等
空力技術	全機空力形状最適化設計技術	インテークナセルを含む全機形態について、エンジン排気等の影響を考慮した低抵抗化を実現する空力形状最適化設計技術を構築する。	機体の抵抗低減のためにはインテークナセルを含めた全機空力解析技術の構築が必須である。
	低騒音化技術	機体開発設計に利用できる実用的なエンジン騒音等の音響伝播解析ツールを開発する。 また、抵抗低減と両立するソニックブーム低減解析手法を開発する。	超高速機は、亜音速機に比べ離陸騒音が厳しくなり、またソニックブームも発生するため、その実用的な低減技術の開発は必須である。
	安全性向上技術	機体開発設計に利用できる実用的な全機非定常空力解析技術を構築する。	遷音速時等に生じやすい非定常空力特性の改善は、安全性の向上とともに機体軽量化に必須である。
材料・構造技術	軽量化構造設計技術	薄い主翼等超高速機に特異な形状に適用できる、空力特性と組み合わせた軽量化設計技術を構築する。	特異な形状から重量増となりがちな超高速機にとって亜音速機以上の軽量化が必須であり、空力と組み合わせた設計技術が必須である。また、複合材の多用化に伴い金属と複合材の結合部の軽量化が必須である。
	低コスト製造技術	低コストでの複合材成形技術及び金属材料成形技術等を開発する。	機体軽量化のためには、複合材、チタン等の適用拡大とともに低コスト化が必須である。
超高速機のスペック等の検討		開発目標とする機体のスペック等を設定する。	我が国独自の機体案を確立すべく、機体仕様案を策定し、運用性、経済性等を評価することが必須である。

4. 成果、目標の達成度(1/2)

空力技術は、各種試験や解析検討を行い、各設計技術等を構築し、目標を達成した。
 材料・構造技術は、構造供試体を設計製作し、構造解析結果と比較検討等を行い、設計・製造技術を開発し、目標を達成した。
 超高速機のスペック等の検討は、各種運航条件での開発目標とする機体のスペック等を設定し、目標を達成した。

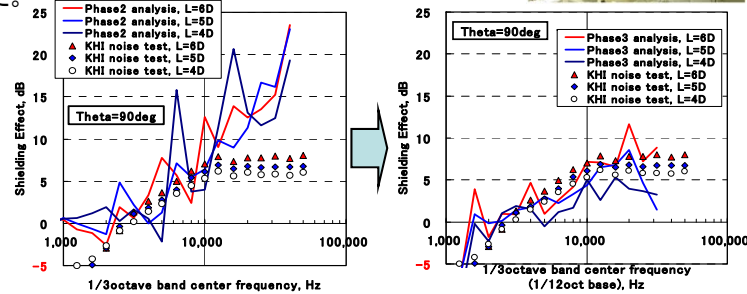
要素技術		目標・指標	成果	達成度
空力技術	全機空力形状最適化設計技術	インテークナセルを含む全機形態について、エンジン排気等の影響を考慮した低抵抗化を実現する空力形状最適化設計技術を構築する。	垂直尾翼、水平尾翼及びインテーク・ナセル等の最適化を施したベースライン形状に対して、エンジン吸排気を含む機体・ナセル統合形態での空力性能評価を実施し、抵抗減少が可能であることを確認した。これにより空力形状最適化設計技術構築の見通しを得た。	達成
	低騒音化技術	機体開発設計に利用できる実用的なエンジン騒音等の音響伝播解析ツールを開発する。 また、抵抗低減と両立するソニックブーム低減解析手法を開発する。	簡便で設計に使える音響伝播解析手法を開発するため、ジェット騒音の音源モデルを作成、音響伝播解析手法の検証を実施した。また、抵抗低減とともにソニックブームを低減するための最適化手法を開発し、抵抗とともにブームを低減できる見通しを得た。	達成
	安全性向上技術	機体開発設計に利用できる実用的な全機非定常空力解析技術を構築する。	BCM（Building Cube Method）による実用的なフラッタ評価ツールを開発し、亜音速域と同レベルの10%以内の推算精度を達成。	達成
材料・構造技術	軽量化構造設計技術	薄い主翼等超高速機に特異な形状に適用できる、空力特性と組み合わせた軽量化設計技術を構築する。	空力弾性特性評価を含んだ複合材桁間構造に非線形効果（ポストバックル設計）を考慮した構造最適化手法を開発した。最適化により主翼構造重量は12%減少。また、飛行条件を見直しフラッタ要求速度を緩和することにより、主翼重量を10%程度軽量化できる見通しを得た。	達成
	低コスト製造技術	低コストでの複合材成形技術及び金属材料成形技術等を開発する。	複合材構造において結合金具等ヘチタン合金の多用が想定され、製造コスト低減が望める新ピーニング成形技術を開発し、成形高さについて解析手法の有効性を確認した。また、形状精度の高いRTM（Resin Transfer Molding）成形手法について、大型部材を効率的に成形し、高品質、低コストで更に板厚方向の強度向上を図った。	達成
超高速機のスペック等の検討		開発目標とする機体のスペック等を設定する。	ファミリー化を考慮した超高速機の要求仕様を設定した。また、日仏共研において機体規模の軽量化、燃料節減を図るため、最適な加速上昇スケジュールを検討し、日欧共研において需要予測を実施した。	達成

4. 成果、目標の達成度(2/2)

空力技術の開発

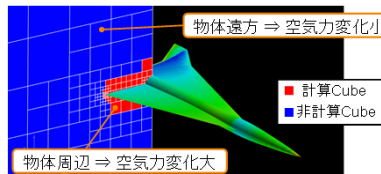
■低騒音化技術—離着陸騒音低減技術(日仏共研)

簡便で設計に使える音響伝播解析手法を開発するため、ジェット騒音の音源モデルを作成、音響伝播解析手法の検証を実施した。



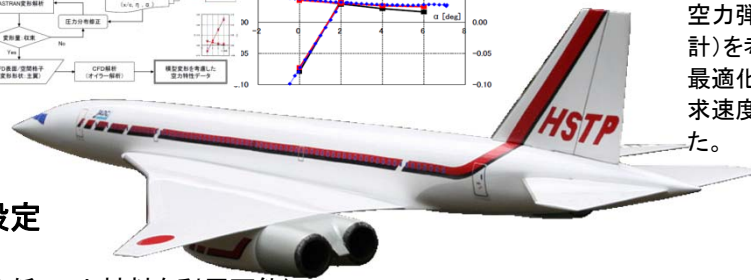
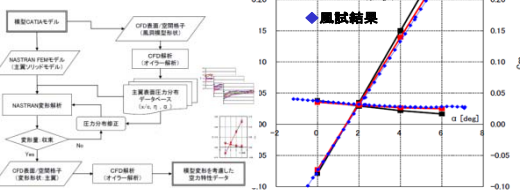
■安全性向上技術—非定常空力特性設計技術

BCMによるフラッタ評価ツールを開発し、亜音速域と同レベルの10%以内の推算精度を達成した。



■全機空力形狀最適化設計技術

模型変形を考慮したCFD
解析手法を開発。
風試結果とよく一致。



超高速輸送機のスペック等の設定

■要求仕様の設定(目仏共研)

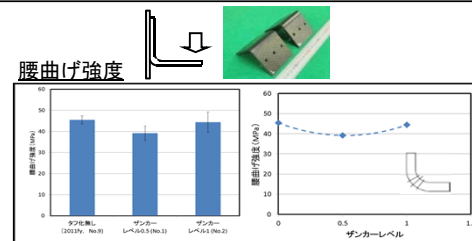
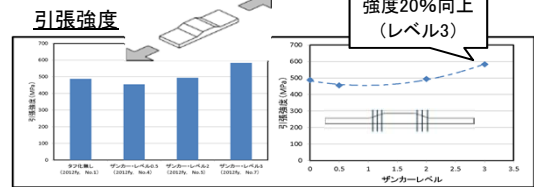
巡航速度:M1.6（空力加熱の面から低コスト材料を利用可能）
航続距離:5,500nm、5,000nm、3,500nm（ファミリー化を考慮）
座席数:150席、100席

Cruise Mach Number	-	1.60					
Design Range	nm	3,500		5,000		5,500	
Number of Seat	-	100	150	100	150	100	150
Length	m	68.7	78.6	68.7	78.6	68.7	78.6
Width	m	51.4	60.6	59.6	66.6	63.4	68.8
Maximum Thrust	kN/EG	164	221	203	251	216	262
Maximum Takeoff Weight (MTOW)	kg	101,911	139,620	141,108	188,155	158,593	207,918
Fuel Weight @ Design Mission	kg	48,799	65,314	79,029	104,722	88,301	112,372

材料・構造技術の開発

■低コスト製造技術—高効率RTM成形技術(日仏共研)

形状精度の高いRTM成形手法について、大型部材を効率的に成形し、高品質、低コストで更に板厚方向の強度向上を図った。



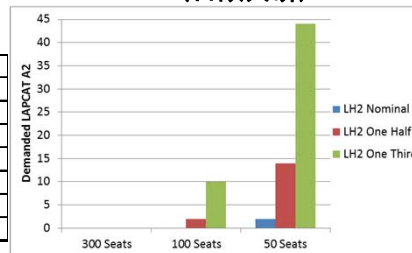
■輕量化構造設計技術—構造最適化設計技術

空力弾性特性評価を含んだ複合材桁間構造に非線形効果(ポストバックル設計)を考慮した構造最適化手法を開発した。

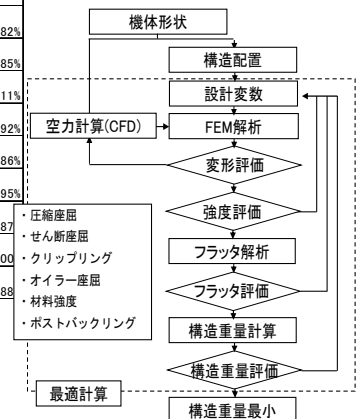
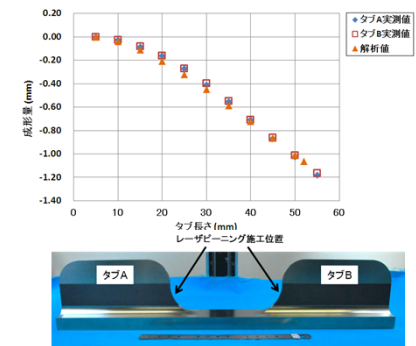
最適化により主翼構造重量は12%減少。また、飛行条件を見直しフラッタ要求速度を緩和することにより、主翼重量を10%程度軽量化できる見通しを得た。

項目	H23年度 [kg]	本年度(H25) [kg]	H23年度比 (H25/H23)
上面外板	6596	5383	82%
下面外板	5365	4544	85%
リップウェブ	774	856	111%
桁ウェブ(*1)	1331	1227	92%
リップコード	391	337	86%
桁コード(*1)	1908	1822	95%
小計	16365	14169	87%
その他(*2)	2006	2006	100%
合計	18371	16175	88%

■高速航空機の需要予測 (目欧共研)

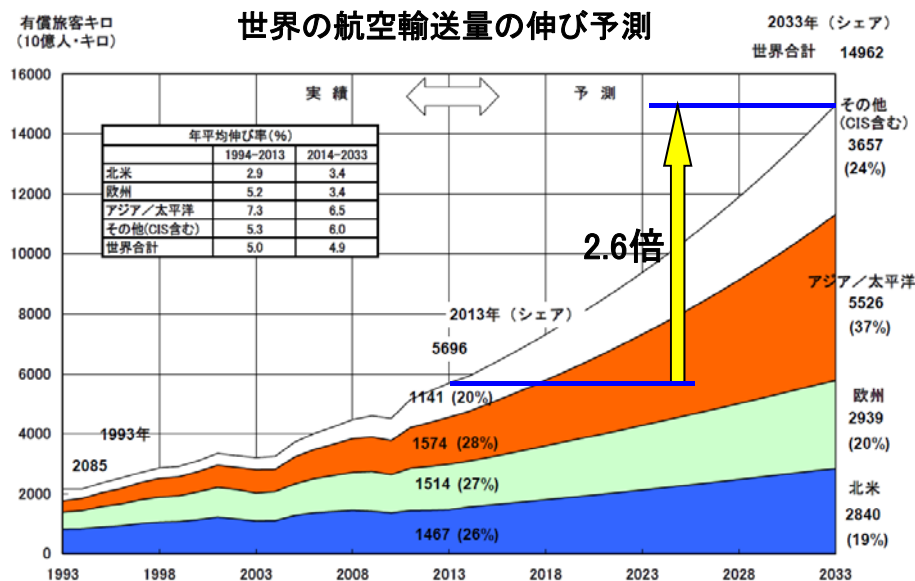


■低コスト製造技術—チタン合金に対するレーザーピーニング技術
複合材構造において結合金具等へチタン合金の多用が想定され、製造コスト低減が望める新ピーニング成形技術を開発。成形量について解析手法の有効性を確認した。



5. 事業化、波及効果

- 世界の航空旅客輸送量は、20年後には現在の2.6倍となり、運航機数は2.0倍になり、新規需要は全体で約32,000機と予測される。
- その中で、超高速機は中長距離路線を中心にシェアを獲得し、需要機数は、地域差があるが、合計で約1,500機と予想され、十分な事業性があると考えられる。
- 超高速機は中長期的に将来国際共同開発が見込まれており、重要要素技術を開発し我が国が技術的優位性を確保することにより、我が国産業界が事業化において重要な役割を果たすことができると考えられる。



- 安全性、高信頼性、軽量化、低コスト化等の厳しい要求を満足し、大規模なシステムインテグレーション技術が必要な航空機技術は、技術波及効果が高いといわれている。
- 空力技術開発：
全機空力形状最適化統合設計技術、非定常空力特性解析評価技術、離着陸騒音低減技術等は、超高速機のみならず亜音速機の設計、解析に広く利用が可能である。更に空力技術は騒音低減技術も含め、自動車、鉄道、船舶等のほか風の影響を受ける建築物、風力発電等の空力解析にも幅広く活用することができ、社会インフラの設計や環境対策等に広く波及することが期待される。
- 材料・構造技術開発：
構造最適化設計技術を始め複合材技術やチタン等の設計、製造、加工技術は、超高速機のみならず亜音速機の設計、製造、加工に広く利用が可能であり、特に本調査開発で実施したレーザーピーニング等は、民間輸送機の国際共同開発に繋がる技術となった。更に自動車、鉄道、船舶等のほか建築物の構造設計解析にも広く利用が可能であり、また複合材、チタン等の設計、製造、加工技術は、釣竿、ラケット、ゴルフクラブ等のスポーツ用品や自動車、鉄道等に広く波及することが期待される。
- スペック等の設定技術：
市場要求や市場分析等に基づき機体諸元策定を行い、スペック等を設定する技術は、超高速機のみならず亜音速機にも広く利用が可能である。更に市場要求等のニーズと適用可能な技術であるシーズとのトレードにより諸元策定を行う技術は、構想段階におけるシステムインテグレーションのひとつと位置づけられ、この技術は航空機のみならず幅広い製品開発の概念設計技術に波及することが期待される。

6. 研究開発マネジメント・体制等

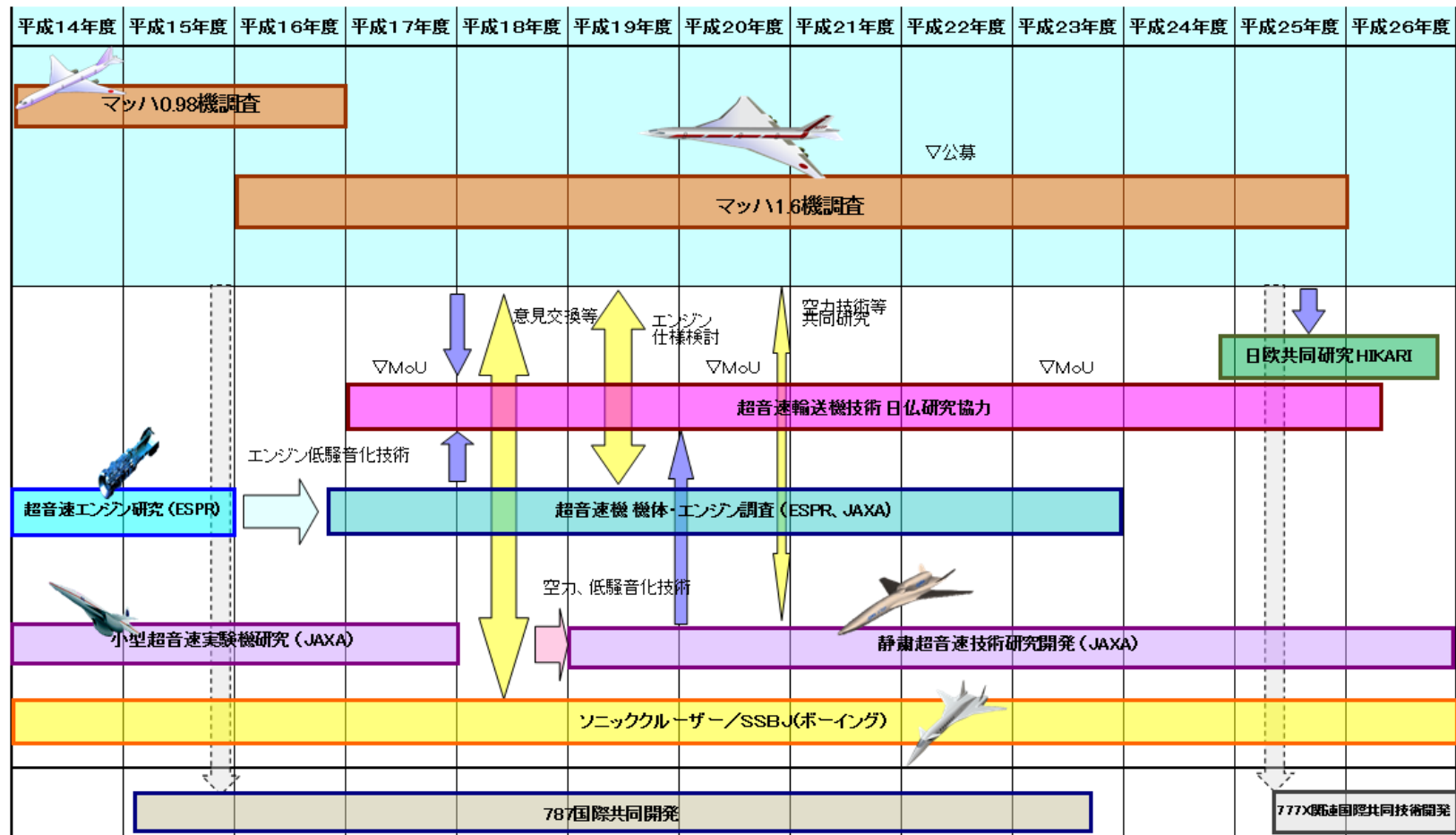
本開発調査の開始当初は、超高速機としてマッハ0.98機を中心に研究を行ったが、平成16年度以降はマッハ1.6機の研究を中心に行っている。

平成22年度には経済産業省により公募が行われ、平成25年度まで本研究を進めた。

国内外の関連機関と協力しており、平成17年度から当初3年間の予定であったが、その成果を認められ2回延長され、合計9年間、日仏超高速技術に関する共同研究を進めた。

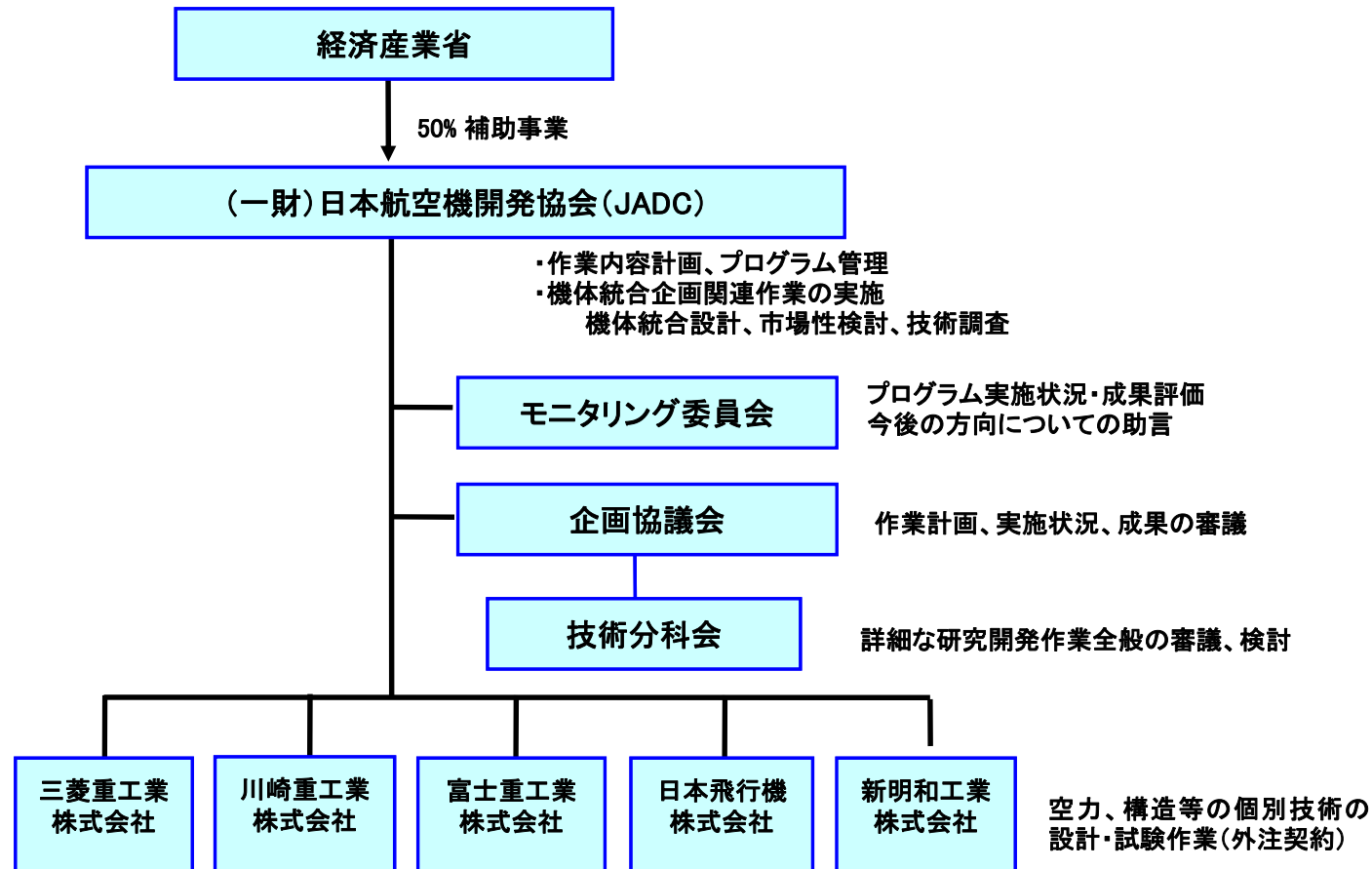
また、日仏共同研究の成果を踏まえ、平成24年2月から高速航空機に関する日欧共同研究HIKARI*に参画した。

(*High Speed Key Technologies for future Air Transport Research and Innovation Cooperation Scheme)



6. 研究開発マネジメント・体制等(続き)

- プロジェクト全体の運営を円滑に行うため、企画協議会を設けて各年度の作業計画、実施状況、成果の審議を行った。その下部機構として技術専門家による技術分科会を設けて、詳細な研究開発作業全般の審議、検討を行った。
- エアライン等の外部有識者を含めたモニタリング委員会を設置し、全般にわたっての審議、評価を行い、かつ今後の方向についての助言等を得た。
- 機体仕様自体に大きく影響する研究項目については機体統合調整会議を適宜開催し、研究成果を機体仕様に反映するとともに、研究内容や目標、スケジュールに齟齬をきたさないように調整を行った。



7. 中間評価の結果

提 言	対 処 方 針
超音速技術の開発は、多くの先進要素技術を生み出す苗床である。個別の技術開発だけでなく、超高速輸送機全体に対する事業シナリオや超音速機への応用計画などを検討してほしい。国際共同開発で有利な立場に立つためには、欧米の下請けとなるのではなく、欧米のもっていない技術力を有することが重要（それが欧米や諸外国から見ての価値となる）。先進要素技術の研究は、一度中断してしまうと技術の復活は困難となる。十分なマーケットリサーチを行い、日本独自の価値を提供できる研究開発を期待したい。	○要素技術を開発するだけではなく、超高速輸送機全体のシナリオ検討や超音速機への応用技術も含め検討してまいりたい。 ○マーケットリサーチにも重点的に取り組み、日本独自の価値を提供できる研究開発を行うことができるよう努めてまいりたい。
評価小委員会のコメント	対 処 方 針
(1)技術開発戦略について ・ ターゲットとなるべき技術を見出し、日本独自で、かつ、エッセンシャルな技術となるように繋げていくための戦略を持つことが望ましい。 (2)省庁間連携について ・ ターゲットを見据えた政策連携が関係省庁間であることが望ましく、プログラム化の観点からも検討することが望ましい。 (3)特許戦略等について ・ アウトプットをしっかりと押さえてアウトカムにしていくためにも特許戦略が重要であり、プロジェクトリーダー等がよく意識して対応されるように留意すべき。	(1)技術開発戦略について ○日本にとって価値最大化が図れるような技術開発を検討して参りたい。 (2)省庁間連携について ○日本の航空機産業に貢献する技術開発に向けて、関係省庁の連携を深めて参りたい。 (3)特許戦略等について ○特許戦略の重要性について、プロジェクトリーダー等の意識共有を図って参りたい。