

超高速輸送機実用化開発調査

評価用資料

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. 事業の目的・政策的位置付け	1
1－1 事業の目的	1
1－2 政策的位置付け	2
1－3 国の関与の必要性	4
2. 研究開発目標	5
2－1 研究開発目標	5
2－1－1 全体の目標設定	5
2－1－2 個別要素技術の目標設定	6
3. 成果、目標の達成度	7
3－1 成果	7
3－1－1 全体成果	7
3－1－2 個別要素技術成果	9
3－1－3 特許出願状況等	25
3－2 目標の達成度	27
4. 事業化、波及効果	28
4－1 事業化の見通し	28
4－2 波及効果	29
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等	30
5－1 研究開発計画	30
5－2 研究開発実施者の実施体制・運営	32
5－3 資金配分	33
5－4 費用対効果	33
5－5 変化への対応	34

1. 事業の目的・政策的位置付け

1-1 事業の目的

1903年に飛行したライト兄弟機以来、設計製造技術の発達により大型化・高速化を発展させてきたが、レシプロエンジンからジェットエンジンに変わったことにより一段の飛躍を遂げた。中でも1976年の超音速輸送機コンコルドの就航は、それまでの速度を一挙に2倍以上に引き上げる画期的なものであったが、環境適合性と経済性の問題から市場に受け入れられず、わずか16機の量産で生産中止となり、2003年には運航も中止となった。

超大型旅客機A380が開発されたが、大型化はほぼ上限に達した感がある。また、最近では中型機による長距離直行便が増加する傾向にあり、十数時間におよぶ長時間飛行では乗客、乗員の負担は相当大きいものになり、高速化による旅行時間短縮の必要性はいよいよ高まってきている。

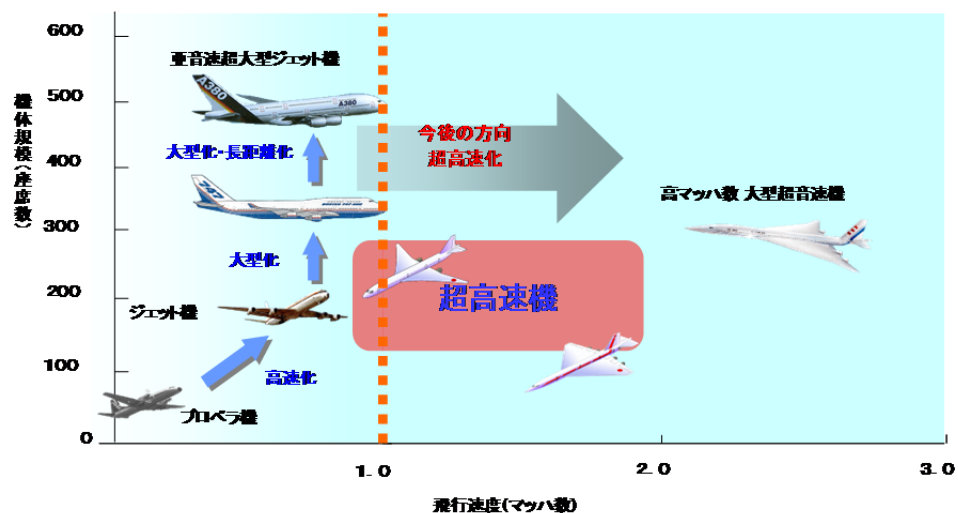


図 1-1-1 航空機発達の今後の方向

本開発調査では、航空機の経済性を伴う高速化及び環境適合性を両立させるために必須となる要素技術開発を重点的に行い、中長期的に実現が期待される超高速輸送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。

1-2 政策的位置付け

技術戦略マップ 2010 の航空機分野の導入シナリオでは、「国際共同開発における役割の拡大」のひとつとして、「長期的には、将来見込まれる SST の国際共同開発においても、我が国産業界が重要な役割を果たす」こととされている。

また、空力技術に関してはソニックブーム低減技術や超音速空力特性向上技術等の超高速機に特有な技術があり、これらについて市場投入可能な超高速機の実現に向けたシナリオが示されている。

空力技術と異なり材料・構造技術や装備品（システム）技術では超高速機に特有の技術は少なく、超高速機特有のシナリオは示されていないが、高性能、安全、高信頼でかつ経済性に優れた超高速機への技術的要求は亜音速機よりも更に高く、同じ技術分野でもより高度な技術達成度が必要となる。言い換えれば、超高速機技術開発の過程で生まれた技術は、超高速機への適用の前に亜音速機にも適用できるものがあり、その波及効果も含めてきわめて有益である。

更に、国際共同開発で我が国の産業界が重要な役割を果たすためには、各要素技術で我が国産業界が相当な技術レベルにない限り不可能である。また、それを可能とする要素技術だけではなく、独自の機体案を確立しておかない限り主体的な参画は難しいと考えられる。

我が国航空機産業が、基盤技術力を強化し、更にその安全性技術、環境適合性技術、軽量化技術、インテグレーション技術、低コスト化技術等による波及効果によって、他産業分野も含めた発展に寄与するため、超高速輸送機研究を推進することは我が国の産業政策に合致するものである。

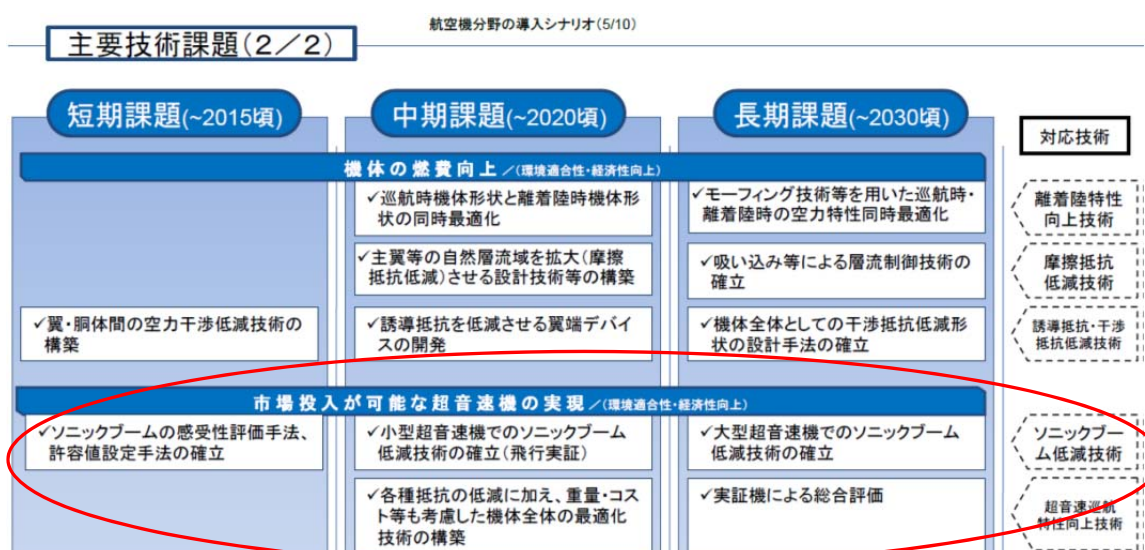
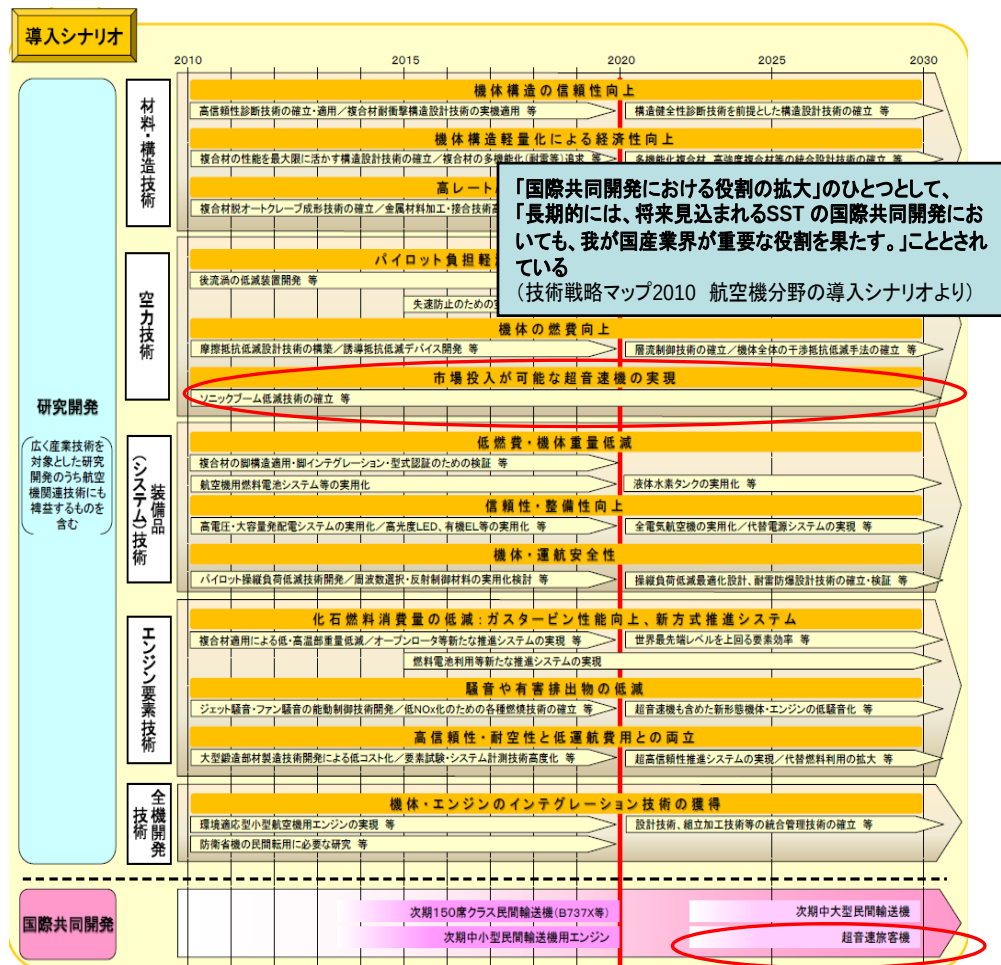


図 1-2-2 技術戦略マップ 航空機分野の導入シナリオ

1-3 国の関与の必要性

航空機産業は、高速・大量輸送を支える基幹産業であるとともに、空力、構造、装備品等の最先端システム技術を高度にインテグレートする裾野の広いハイテク産業であることから、高度な総合的技術力を有する国においてのみ成立が可能である。

また、航空機は最も重要な防衛装備品の一つで、各国とも積極的な開発を行うとともに、その高度技術情報開示に関しては厳格な秘密保持を行っている。そのため、必要な他国の先進技術情報を得ることは難しく、独自技術の研究・開発が必要不可欠であることから、航空機技術は直接・間接に国の安全保障に直結する技術であると言える。

更に、民間航空機開発は、その技術的困難性に加え、いかに市場評価を徹底しても、変動する需要のもとで巨額の開発・販売コスト、長期の開発期間及び資金回収期間を必要とし、開発・事業リスクが極めて高いという特徴がある。このため各国は、航空機産業を戦略産業として位置付け、積極的な支援を行っている。

一方、787を始め民間航空機開発は国際共同開発が常識となっており、ましてや超高速輸送機では国際共同開発が前提と考えられるが、高度な航空機設計・製造技術を持っていないければ、パートナーとしてのプログラムへの参画もできず、経験に裏打ちされた高度な開発・設計・製造能力が必要とされている。

我が国は767、777、787の国際共同開発やMRJ開発、及び防衛航空機の開発を通じて着実に実力を付けつつあるが、今後の国際競争力を確保していくためには一層の技術基盤を確立していくことが急務である。

特に超高速機関連技術は、各国とも自国技術の国際競争力保護のため援助を行うとともに他国には技術開示しない傾向が強くなってきており、将来、開始されることが予想される超高速輸送機の開発のための我が国の技術力、発言力を確保するため、国の関与の下で官民一体となって取り組むことが必要である。

2. 研究開発目標

2-1 研究開発目標

超高速輸送機の大きな課題のひとつに、空港騒音等の環境基準適合性がある。この基準は国際民間航空機構（ICAO）で決定されるものであり、超音速機用の基準はまだ存在しないものの、我々の目標とする開発機もそれらの国際的な環境規制の動向等にも影響される。

従って、これらの動向調査等を踏まえ、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。

2-1-1 全体の目標設定

国際的な環境規制の動向調査、海外での超高速機の検討状況及び将来的な市場・技術要求等の検討を踏まえ、中長期的な重要要素技術を抽出し、それらの開発スケジュールを設定し、その取り組みを開始する。更に、その時点で想定しうる超高速機の機体諸元・性能等のスペック等を設定する。

表 2-1-1 全体の目標

目標・指標 (事後評価時点)	設定理由・根拠等
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し、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。	経済性、環境適合性等の要求を満足できる超高速機を実現できる技術開発を行うためには、環境規制の動向や海外類似プロジェクト等のほか技術的優位性、波及効果等も踏まえ、重要要素技術を抽出する必要がある、その抽出した技術について必要な技術開発を行う必要がある。
	重要要素技術開発に対しての目標を示すため、及び将来の国際共同開発において主導的立場で参画するためには独自の機体案を確立しておく必要がある。

2-1-2 個別要素技術の目標設定

海外の超高速機に関する検討状況や環境規制の動向等も参考として、経済性、環境適合性のほか技術的優位性、適用拡大効果、波及効果を総合評価して選定した重要要素技術について、個別要素技術の目標を設定した。また、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ため、超高速機のスペック等の検討を行う。

表 2-1-2 個別要素技術の目標

要素技術		目標・指標 (事後評価時点)	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。

3. 成果、目標の達成度

3-1 成果

3-1-1 全体成果

海外の超高速機に関する検討状況や環境規制の動向等も参考として、経済性、環境適合性のほか技術的優位性、適用拡大効果、波及効果を総合評価して重要要素技術を選定した（表 3-1-1-1）。ここで選定した重要要素技術について開発目標と開発スケジュールを設定し、その取り組みを始めた。更に、運用性、経済性等を評価するため、超高速機のスペック等の検討を実施した。

表 3-1-1-1 重要要素技術の抽出

				実施すべき要素技術の抽出評価										
				必須	関連効果									
				経済性	環境適合性	技術的優位性	適用拡大効果	波及効果	総合評価					
		重要要素技術	技術の概要	技術の重要性等										
空力技術	機体空力形状最適化設計技術	全機空力形状最適化設計技術		巡航時の抵抗を低減するための、主翼、胴体とともに、超音速機用の大バイパス比エンジン用のインテークナセルを含めた全機空力形状の最適化技術。		巡航時の抵抗低減技術は、個別要素における抵抗低減とともに全機空力形状の最適化が必須である。また燃料消費の削減による運用コストの低減にも効果がある。超音速機用のバイパス比の大きなエンジンを搭載した超音速機最適設計技術は例がない。		○	○	○	○	○		
		離着陸空力形状最適化設計技術		離着陸性能や安定性等の低減特性を確保、改善するための設計技術。		超音速機であっても高速性能のみならず、離着陸性能や安定性等の低減特性が求められるため、高速性能と両立する低減性能に関する空力形状最適化技術が重要である。		○	○	○	△	○	○	
		離着陸騒音低減技術	低騒音を実現する機体の概念設計に必要な、尾翼等によるジェット騒音の遮蔽・反射効果を含めた、簡易で高精度なジェット騒音の評価技術。	ICAO騒音基準適合はもとより、低騒音化は空港ごとの独自規制、離発着料、運用時間帯など運用側にとっても重要であり、差別化技術である。また、音源のモデル化、検証データの取得など世界的に見ても最先端レベルである。また、エジェクタ等の騒音低減装置の削減等による機体重量軽量化、エンジン小型化にも効果がある。		○	○	○	△	○	○			
			低騒音化技術	中大型機に対する主翼、胴体、ナセル、尾翼等を含む全機形態での低ブームかつ低抵抗な機体形状を設計する最適化技術。	超音速飛行時に発生するソニックブームを抑えることにより、環境適合性のみならず、飛行ルートでの最適化等により運航性、経済性を向上できる。		○	○	○	○	△	○		
			ソニックブーム低減技術	機内騒音の音源である、空調騒音、境界層騒音を低減する技術。	快適性の向上として重要であるが、超音速機の実用化にとっては機外騒音である離着陸騒音、ソニックブームの技術開発を優先する。		△	△	△	△	○	×		
		安全性向上技術	非定常空力特性改善技術	離着陸時や超音速時に生じやすいフラッタ、パフェット等の非定常空力特性を改善するための設計技術。	実機のような複雑形状で広い速度域において、構造との連成を含めた非定常空力特性の改善は、安全性のみならず、低抵抗空力形状の成立性確認の上からも重要である。		○	○	○	○	○	○		
			後流渦低減技術	航空機の大型化に伴い、後流渦が強大となり離着陸時に事故を起こす事例があり、安全面と運航効率の向上のため、後流渦を低減させる空力デバイスや主翼荷重分布を実現する設計技術。	安全性、空港混雑解消にとって重要技術であるが、超高速機の実用化にとっての重要課題である経済性、環境適合性に関する技術開発を優先し、本技術については他の研究成果を活用する。		△	×	△	△	△	×		
		空力技術	解析・試験技術	空力解析技術		薄翼機の亜音速から超音速に至る広い範囲、飛行形態での縦・横空力特性、インテーク周りの流れ場等を精度よく解析する技術。	空力設計の効率化には高精度で実用的なCFD解析が必要不可欠である。ただし、信頼性、精度向上には高品質な風洞試験データによる検証が必要である。		○	○	○	○	○	○
				騒音解析技術		ジェット騒音源をモデル化し、音響伝播解析により機体周りおよび地上での騒音を効率よく解析する技術。	機体形状の影響を考慮したジェット騒音低減の概念設計を実現するために必要不可欠な技術である。ただし、信頼性、精度向上には高品質な騒音試験によるデータ蓄積と検証が必要である。		○	○	○	○	○	○
ソニックブーム評価技術				CFD解析、風洞試験により得られる超音速域での機体近傍の圧力分布から、伝播解析により地上での波形を推定する技術。またソニックブームに対する人間の許容性について評価する技術。	ソニックブーム低減と低抵抗を実現し、人への影響について国際的な寄与を果すためにも必要な技術である。環境適合性のみならず、人間に対する適切な許容性の評価により、経済性も向上する。		○	○	○	△	○	○		
風洞試験技術				薄翼機の亜音速から超音速に至る広い範囲において、機体の空力特性、流れ場の様子を高精度で効率的に計測する技術。	空力特性の基本データの取得とともに、高精度でより多くの情報量が高い生産性で取得する風洞試験技術が重要であり、空力設計に必要なCFD解析の精度向上のためにも必要不可欠である。		○	○	○	○	○	○		
騒音試験技術				ジェット騒音のモデル化のための空力、騒音等の基礎データを取得する技術。	普遍性のあるジェット騒音のモデル化に必要なデータ及び騒音解析の検証データの取得のために精度の高い騒音試験技術が必要である。		○	○	○	△	○	○		
				○：効果大 △：効果小 ×：効果なし						○：採 ×：否				

○：効果大
△：効果小
×：効果なし

○：採
×：否

表 3-1-1-1 重要要素技術の抽出(続き)

				実施すべき要素技術の抽出評価					
				必須		関連効果			
	重要要素技術	技術の概要	技術の重要性等	経済性	環境適合性	技術的優位性	適用拡大効果	波及効果	総合評価
材料・構造技術	軽量化構造設計技術	特異な形態を持つ超高速機構造の軽量化のため、複合材の性能を最大限に生かす主要構造配置・様式の検討や、フラッタ等の設計要件および実用上の制約条件を加味した最適設計技術。	経済性、環境適合性の向上には、機体構造の軽量化が必須であり、その薄い主翼、細長い胴体などの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要。空力特性と組み合わせた構造最適化手法で実用的な軽量化設計技術を確立できる。	○	○	○	○	○	○
	金属・複合材ハイブリッド化技術	複合材と金属の双方の長所を生かして組み合わせることによる新構造様式設計製造技術。	金属・複合材の効率的なハイブリッド化や複合材の結合部強化により結合ファスナの削除や結合部の板厚低減による軽量化が見込まれる。強度・コストから効率的なハイブリッド構造を大型構造へも適用可能な技術を開発できる。	○	○	○	○	○	○
	耐熱性向上技術	高温環境下の部位についてチタン等の金属に代わって耐熱複合材料等により軽量な構造の設計製造技術。	巡航速度マッハ1.6では、空力加熱的には亜音速機と同じ複合材を適用可能であるが、エンジン周辺等高温に晒される部材が存在するため金属を用いない軽量複合材構造の検討は必要。しかしながら適用部位が限られるため後年度の検討とする。	△	△	○	△	○	×
	損傷モニタリング設計技術	複合材の損傷を内蔵するセンサによりモニタリングし、損傷を初期段階で発見する構造およびモニタリングシステムの設計技術。	損傷の発生・拡大を発見することにより安全性の向上が可能。しかしながら現状ではシステム開発要素が大きく今後の検討とする。	△	△	○	○	○	×
	高剛性材料・構造設計技術	剛性と強度の最適なバランスを有する材料及び設計技術。	強度だけでなく剛性についてもバランス良く最適化することにより軽量化が可能。しかし新素材開発によるところが大きいため長期的な課題とする。	△	△	△	△	△	×
材料・構造技術	RTM成形技術	オートクレーブを用いず、低コストで高精度な成形に適した複合材RTM成形手法により、高効率に高精度構造部材を製造する複合材成形技術。	機体軽量化のためには、複合材適用拡大が必須であり、厚板、高精度部材を金属部品並みに形状精度よく、かつ効率的、安定的に製造できる技術を確立することが低コスト化のみならず軽量化にも有効である。	○	○	○	○	○	○
	熱可塑性複合材成形技術	複合材のマトリックスとして熱可塑性樹脂を採用することで、費用・時間のかかるオートクレーブを用いない成形、また溶着することによりファスナなしでの結合可能な低コスト製造技術。	短時間で成形が可能で、材料貯蔵時間の制限もない熱可塑性複合材を適用することにより構造製造コストの削減が可能。また、電気抵抗溶着による接合手法によりファスニングコスト・重量の削減も可能となる。	○	○	○	○	○	○
	複合材一体成形技術	金属製フィッティングの複合材化及びこれまで分割されていた構造の一体成形による低コスト設計・製造技術。	フィッティングの複合材化や、周辺構造との一体化、さらに大規模構造の一体化を進め、金属の複合材への置き換えや結合部品の削減による重量軽減と組立コスト削減が可能となる。	○	○	○	○	○	○
	大型チタン成形技術	複合材構造において、主要結合金具への適用が想定される大型チタン部材の製造コスト低減が望める加工(矯正)技術。	航空機部品は機械加工部品が多く、材料歩留まりが悪く、素材・加工コストが高いため、その低減技術は重要である。特に複合材適用時に必須となる大型チタン部品の成形、加工技術を向上させることによるコスト削減効果は大きい。	○	○	○	○	○	○
	大型構造組立技術	主翼、胴体等の大型構造の高効率、低コスト組み立て技術の検討。	超高速機の主翼、胴体等は亜音速機と比べ大型になるため、組み立てのコストアップの恐れがあり、高効率、低コスト組み立て技術の開発が重要。しかしながら大規模試作が必要であり、一体成形等の要素技術の確立後の課題とする。	○	×	△	△	○	× ¹⁾
	大型構造検査技術	大型一体化構造の検査を精度良く低コストで実施可能な技術の検討。	一体化構造を含む大型構造では検査の困難性が増し、高コスト化の恐れがあるため高効率、低コスト検査技術の開発が重要。しかしながら大規模試作が必要なため一体化成形等の要素技術の確立後の課題とする。	○	×	△	△	○	× ¹⁾
	金属材料接合技術	ファスナを用いない、FSWやEBW等の低コスト接合技術の適用検討。	金属構造組み立てのファスナレス化による軽量化、低コスト化は重要。しかしながら複合材構造やハイブリッド構造を優先し、後年度の検討とする。	△	△	△	○	○	×

1)要素技術確立後の課題

○:効果大
△:効果小
×:効果なし○:採
×:否

3-1-2 個別要素技術成果

(1) 空力技術の開発

(ア) 全機空力形状最適化設計技術－機体/インテーク・ナセル統合設計技術の検討
超音速巡航に最適なエンジン・インテーク・ナセルの形状について、エンジン排気及び主翼との干渉効果を含む空力設計を行い、全機空力形状の最適化及び性能改善の方策について検討した。

超高速機の3種類のインテーク・ナセル形状について、風洞試験とCFD解析を実施し、インテーク・ナセル形状変更による推進部特性改善効果を確認した。

また、模型変形を考慮した空力構造解析手法を開発し、風試結果とよく一致することを確認した。

さらに、抵抗を最小化する最適設計ツールにより、エンジン排気等の影響を考慮した空力形状最適化技術を開発した。

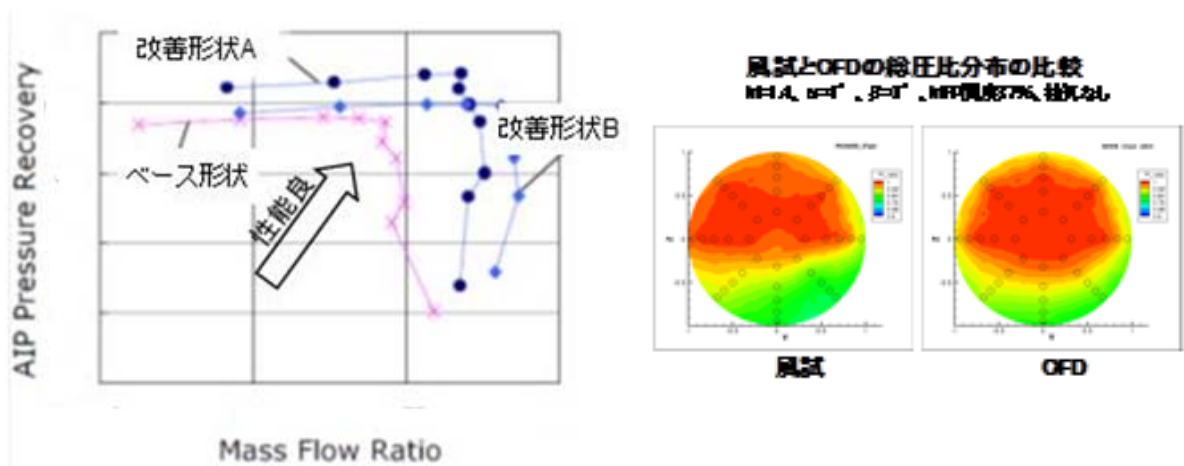


図 3-1-2-1 インテーク形状変更による推進部特性改善

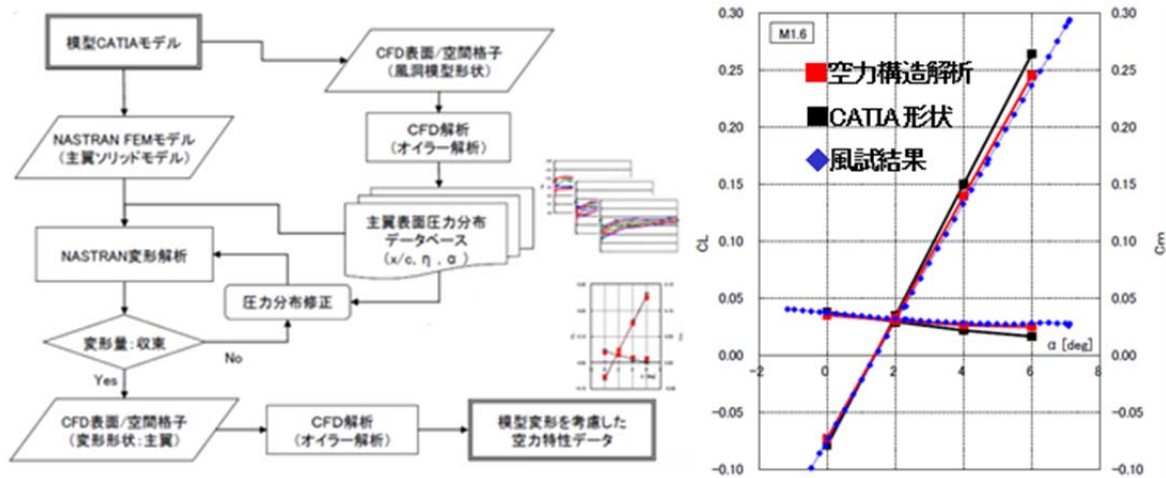


図 3-1-2-2 空力構造解析によるCFD精度向上

(イ) 低騒音化技術

(イー 1) 離着陸騒音低減技術 (日仏共研)

離着陸騒音低減に向け、水平尾翼等によるジェット騒音の遮蔽効果・反射効果を評価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、近傍場・遠方場の音圧を計測し、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、音源の位相モデル及び音響強度分布の見直しや、周波数帯域を細かくした狭帯域計算を用いた音響伝播解析により解析精度が向上することを確認した。

さらに、大規模伝播解析に向けた音響電波解析ソフトを評価し、翼胴尾形態への適用に目途をつけた。

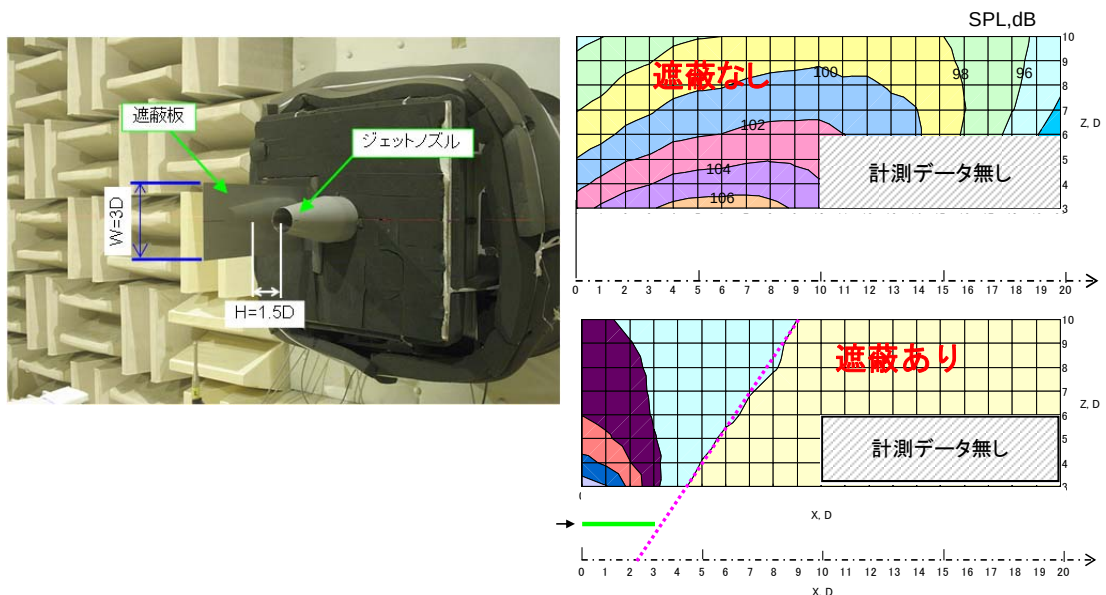


図 3-1-2-3 近傍場音圧分布試験結果 (8000Hz 帯: ジェット単体)

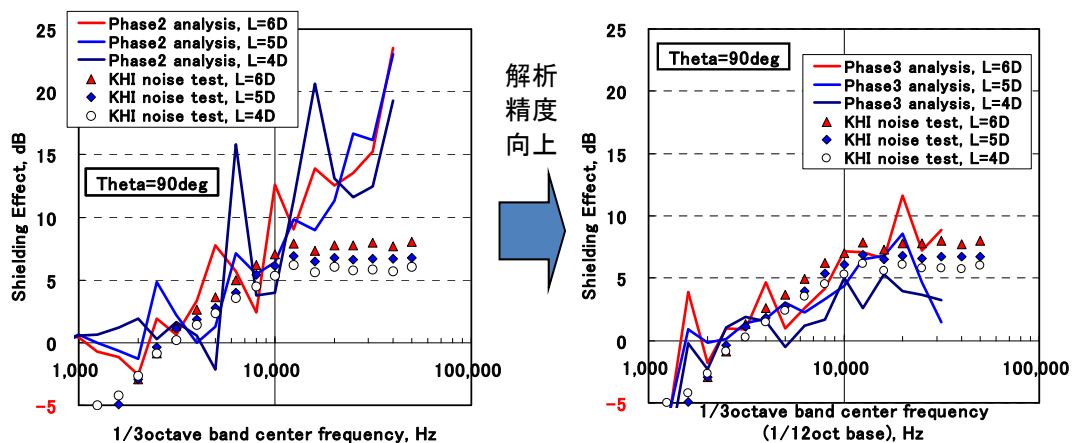


図 3-1-2-4 音源モデル化と伝播解析の検討

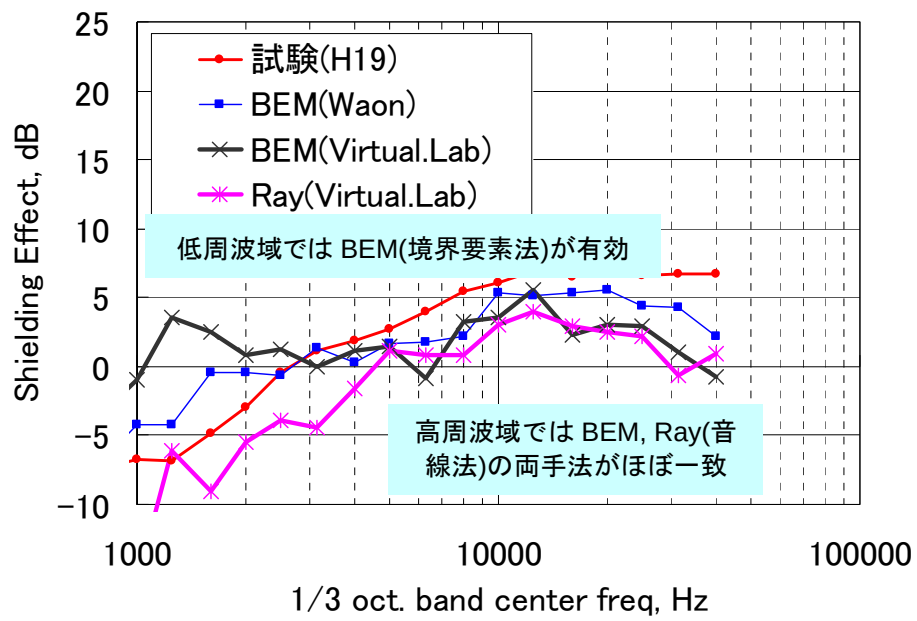


図 3-1-2-5 音響電波解析ソフトの評価

（イー２）ソニックブーム低減技術

中大型機に対する主翼、胴体、ナセル、尾翼等を含む全機形態での低ブームかつ低抵抗な機体形状の設計を可能とする技術を開発した。

空力抵抗の低減とともに、ソニックブームを低減するための多目的遺伝的アルゴリズム（MOGA）を用いた最適化手法を開発し、機体形状（推進部形状、機首形状、推進部配置）の最適化を施したところ、推進部を胴体上部に搭載することにより抵抗とともにブームを低減できる見通しを得た。

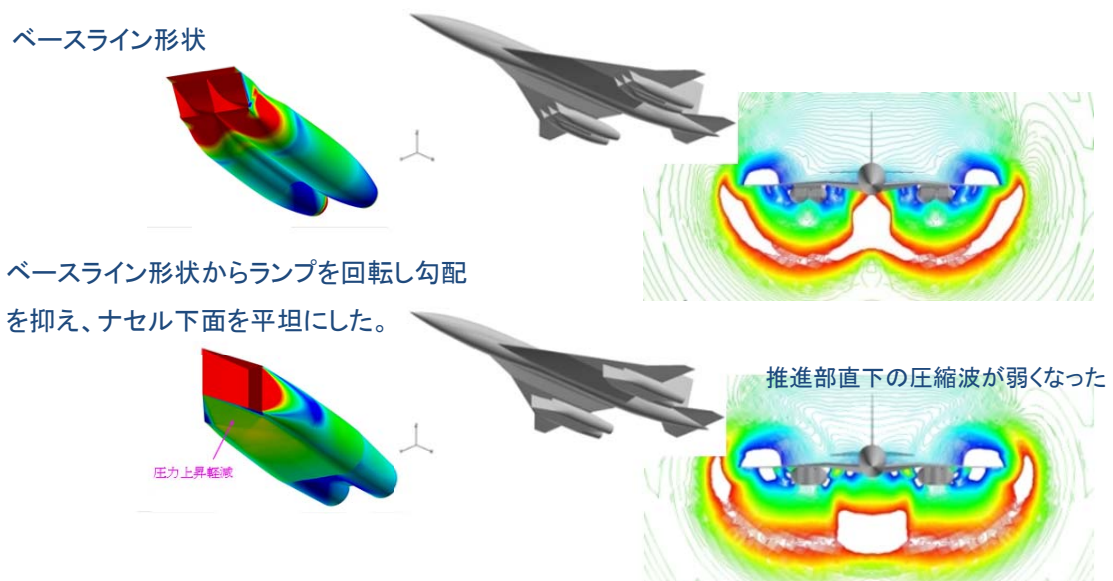


図 3-1-2-6 推進部形状の検討結果

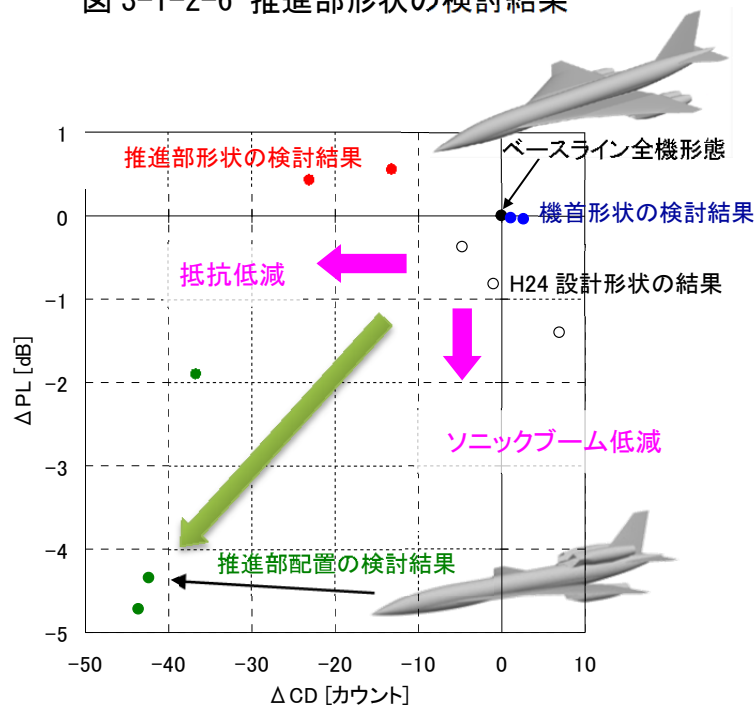


図 3-1-2-7 MOGA による最適化結果

(ウ) 安全性向上技術－非定常空力特性設計技術

フラッタ等、空力が加振源となる構造との連成振動現象である非定常空力特性の定量的評価技術は依然未確立である。離着陸や遷音速時に生じやすい非定常空力特性の改善は、飛行安全を確保しつつ機体構造の軽量化に必須である。従来の解析手法では形状の制約や計算時間も長いため、実機開発での設計に利用可能なフラッタ解析評価ツールを開発した。

BCM (Building Cube Method) によるフラッタ評価ツールについて精度及び効率の改善を行い、解析時間増加を抑制しつつ遷音速域での精度を亜音速域と同レベルの10%以内まで改善した。

さらに、同フラッタ解析ツールに内部反復可変化が粘性解析機能等の導入を行い、音速近傍でのフラッタバウンダリ Mach 数効果の改善を確認した。

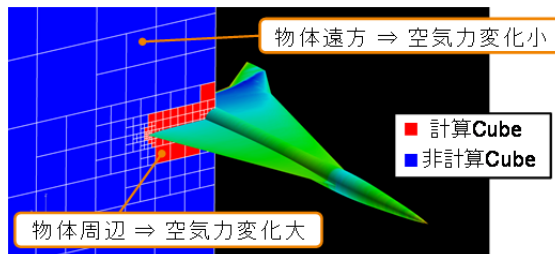


図 3-1-2-9 先進格子生成手法 (BCM) の概要

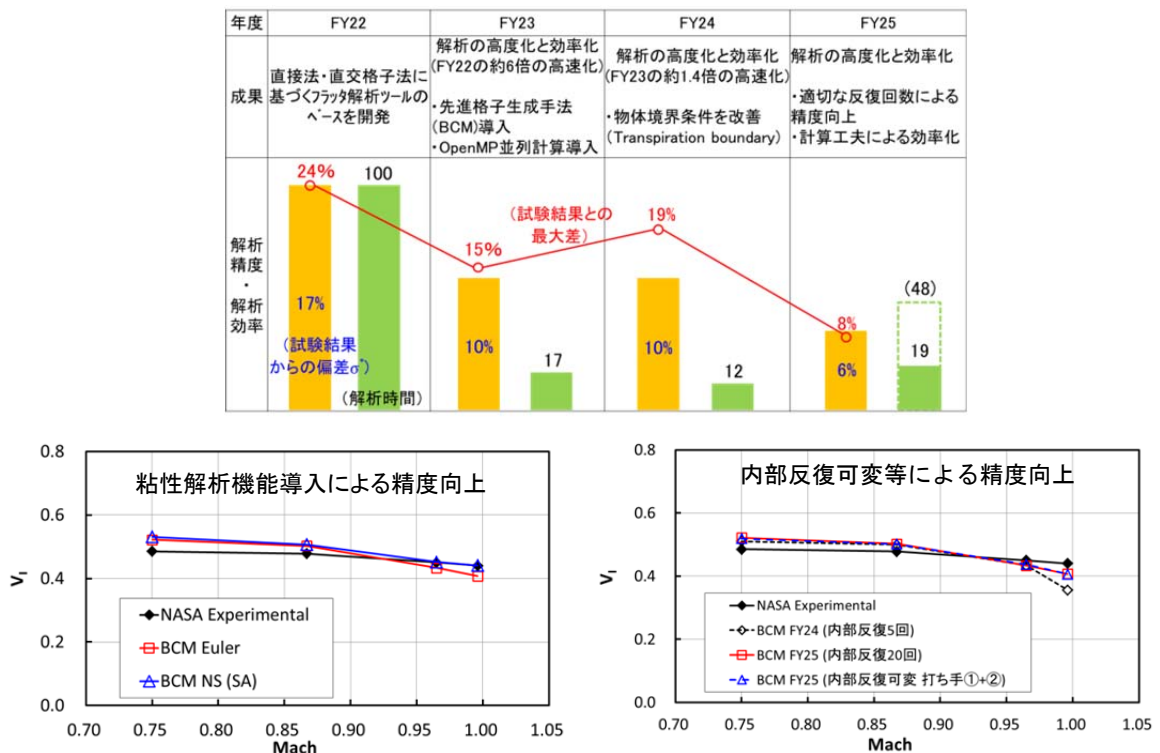


図 3-1-2-10 フラッタ解析ツールの解析精度・解析効率の向上

(2) 材料・構造技術の開発

(ア) 構造最適化設計技術

経済性、環境適合性の向上には、機体構造の軽量化が必須であり、その薄い主翼、細長い胴体などの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要であるため、空力特性と組み合わせた構造最適化手法で実用的な軽量化設計技術の確立を目的とする。

(ア-1) 主翼桁間構造最適化の検討

空力弾性特性評価を含んだ統合的な主翼構造最適化手法を開発するため、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、本手法により主翼構造重量は12%減少した。また、本手法を用いてフラッタ要求速度をパラメータとした主翼重量最適値を求めた結果、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。

本開発は主翼を対象としているが、全機設計さらには仕様変更の際の最適化への拡大も可能である。

表 3-1-2-1 最適化による重量軽減効果(片翼)

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%
リブウェブ	774	856	111%
桁ウェブ(*1)	1331	1227	92%
リブコード	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%

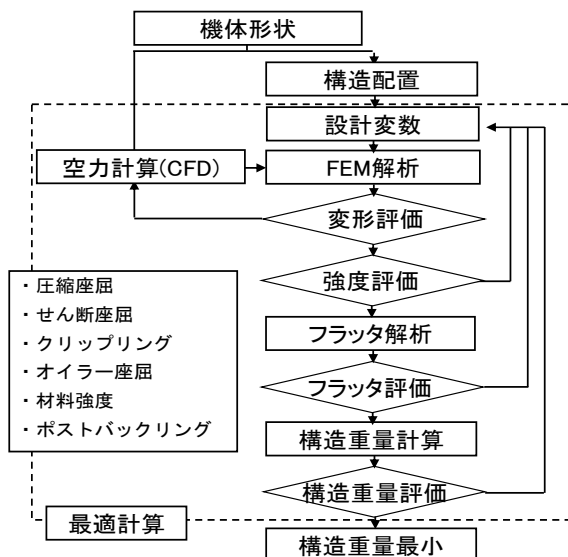


図 3-1-2-11 最適化設計手法

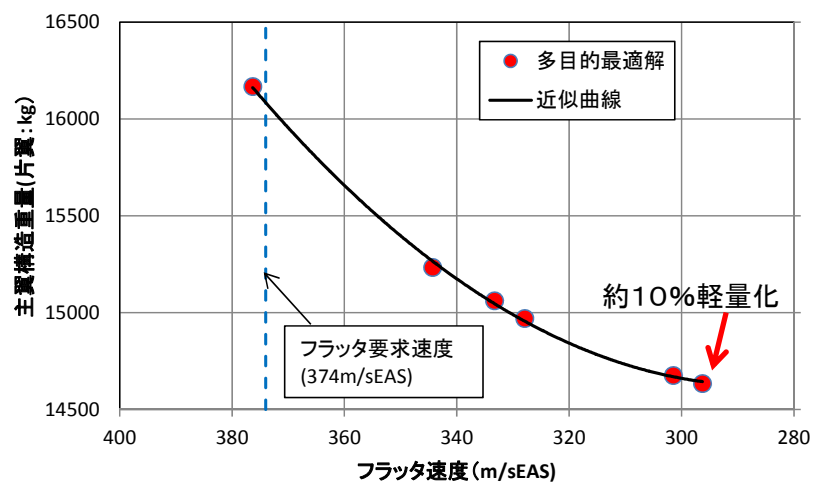


図 3-1-2-12 主翼重量の軽量化結果概要

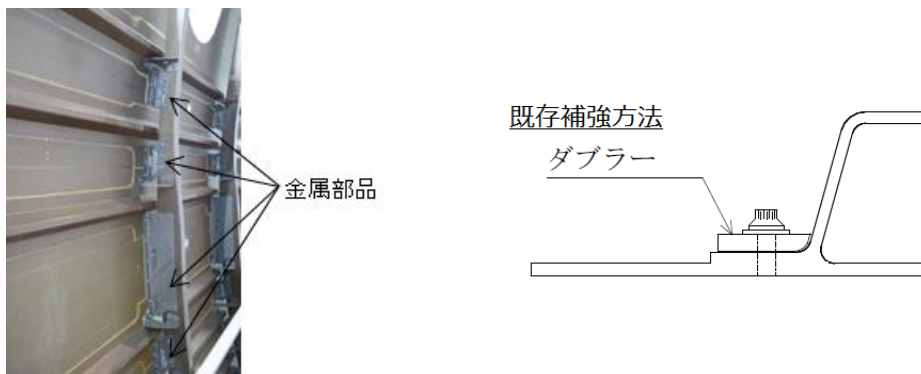
(イ) 金属・複合材ハイブリッド化技術－CFRP 高強度結合手法

航空機構造では、複合材を多用しているが、構造と構造の結合部には、金属材料を適用している。複合材は面外の強度は低く、特に金属との結合部のような部位で補強を必要としているため、補強による重量・製造コストの増加を抑えた手法を検討した。

ダブラー一体化手法では、既存の強化手法と同等の重量に対して強度50%向上を達成し、コストについても削減できることを確認した。

また、層間強化材挿入手法では、既存の強化手法と同等の強度に対し、重量・コストを削減できることを確認した。

さらに、上記強化手法を適用箇所に合わせて有効に組み合わせることで、重量・コストともに既存構造より有利な構造設計が可能であることがわかった。



	強度	コスト	重量	技術課題	応用性等
既存補強方法 (ダブラー取付) 	ベースライン (強化無に対し +10%)	ベースライン	ベースライン		
①ダブラー一体化着 	+50%~	-3% ・ダブラー単品 硬化・機械加工 削減	同等	一体成型とした場合、 R部などに繊維うねりが 発生する懸念あり	・板厚を上げることでより高い 強度を得ることが可能 ・ダブラーの板厚コントロール により、重量増加を最小限に 抑えることが可能
②層間強化材 ポリアミド不織布	同等	-9% ・ダブラー単品 製造、組立コスト 削減	-2%※ ダブラーの 重量削減	航空機構造部品として の適用実績がなく、 試験データを蓄積する 必要がある	・適用箇所を最適化すること で、さらなる強度向上が得ら れる可能性あり ・面外荷重がかかる場所全般 に使用可能

①②を組み合わせで適用することも可能

※ ストリング1ピッチ、結合部1ピッチに対する重量比較

図 3-1-2-13 各結合手法の比較結果概要

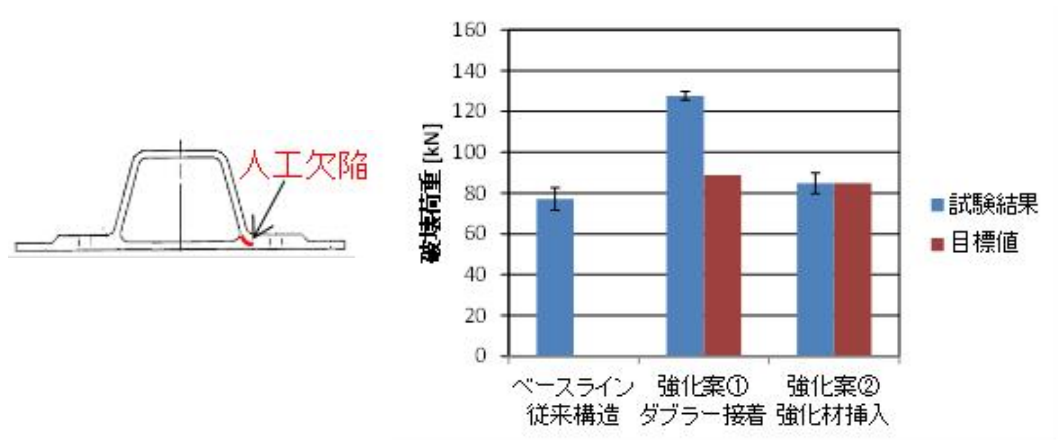


図 3-1-2-14 破壊荷重に関する試験結果概要

(ウ) RTM(Resin Transfer Molding)成形技術（日仏共研）

形状精度の高い複合材製造手法として有望な RTM 成形手法について、大型部材を効率よく高品質、低コストで成形する技術を開発した。

RTM 成形手法は、金属部品並みの形状精度を維持でき、かつ高効率の成形が見込めるが、厚板、大物部品成形等に課題がある。そこで、低コストかつ高効率な成形の実現のため、タフティング（層間剥離を防止するため層間に横糸を通す手法）等による板厚方向の強度向上等を確認した。

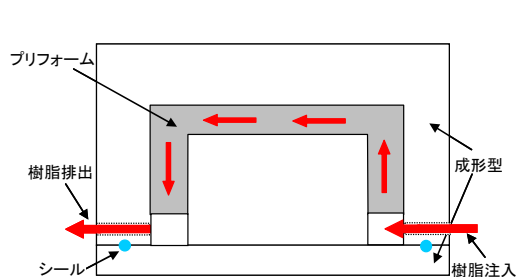


図 3-1-2-15 RTM 成形法概要

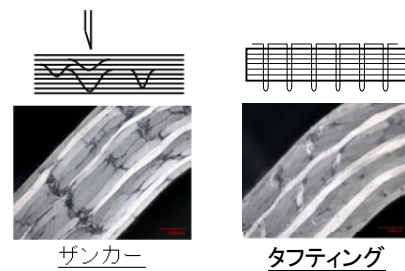


図 3-1-2-16 板厚方向タフ化手法

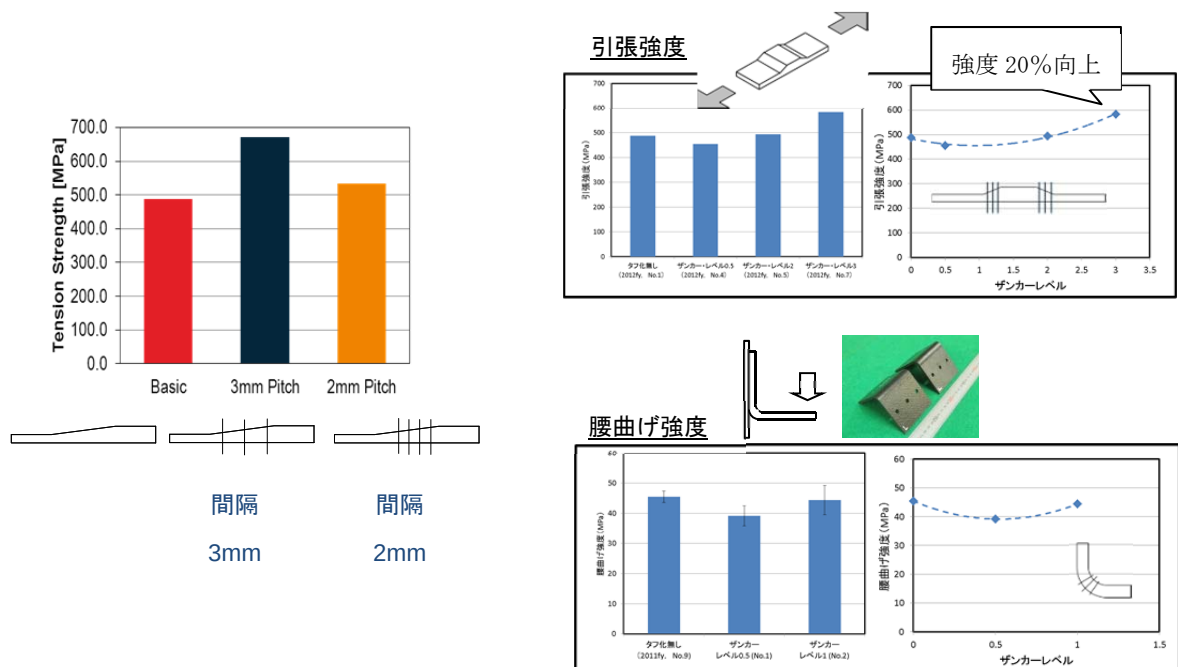


図 3-1-2-17 板厚方向の強度向上結果

(エ) 熱可塑性複合材成形技術

低コスト構造の実現のため、熱可塑性複合材料の再加熱・再溶融が可能である特性を生かして、溶融接合による熱可塑性複合材溶着技術を開発した。

電気抵抗発熱を用いた溶融接合による構造接合手法の検討を行い、陽極酸化処理を行ったアルミメッシュによる溶融接合で必要な溶着強度を得られる技術を開発し、溶着温度の低減による低コスト化も可能とした。

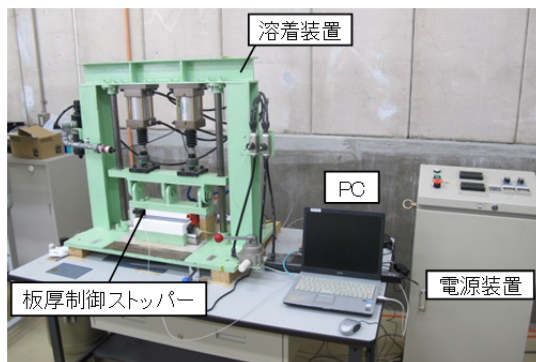


図 3-1-2-18 溶着装置

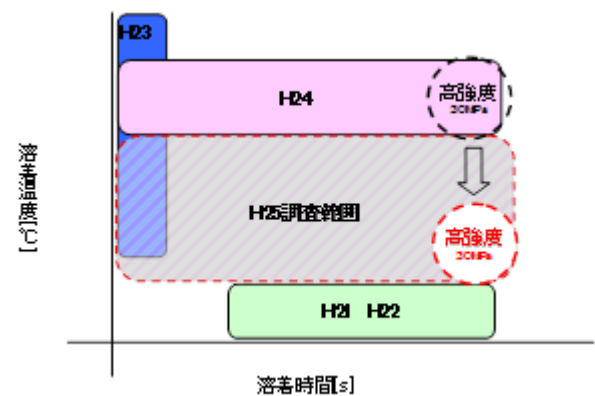


図 3-1-2-19 溶着温度低減結果

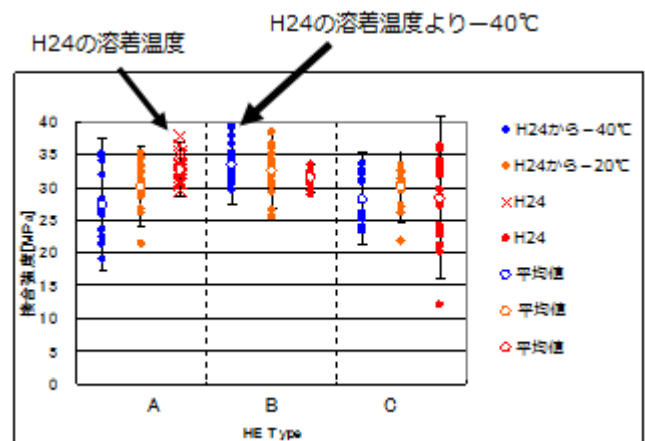
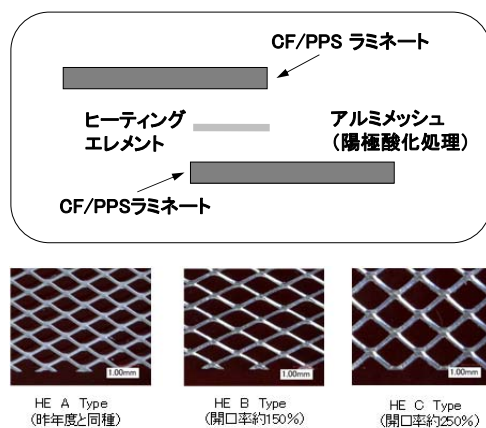


図 3-1-2-20 アルミメッシュによる溶融接合

(オ) 複合材一体成形技術

特異な形状や高荷重要求から金属構造であった結合フィッティング等を複合材化することにより軽量化を図り、かつ周辺本体構造との一体化により更なる軽量化、低コスト化を達成する技術を開発した。

主翼リブとフィッティング等を一体化した供試体を低コスト製造方法である VaRTM (Vacuum assisted RTM) 法により試作し、一体化構造の成形法を開発した。

また、構造解析技術の更なる向上のため各種強度試験を実施した。

さらに、3 種類のプライドロップ形状の強度試験を実施し、最良の形状を選定し、かつ強度解析で検証を行った。

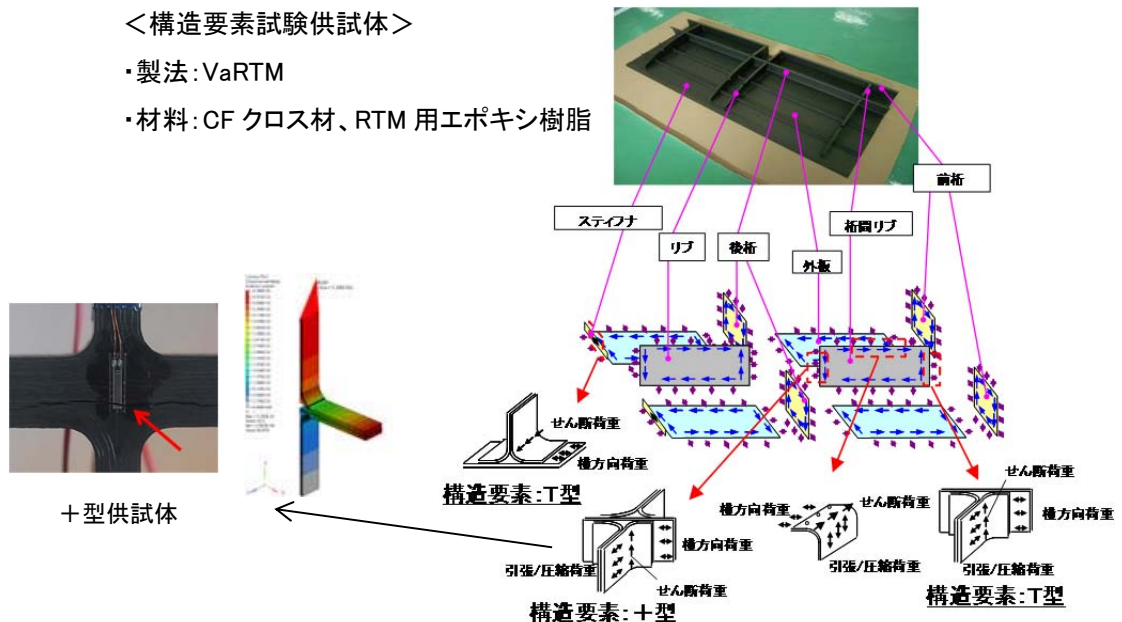


図 3-1-2-21 複合材一体構造の例と+型供試体引張試験及び解析結果

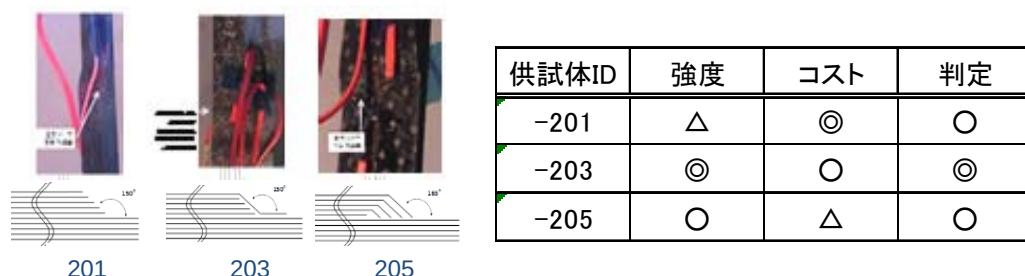


図 3-1-2-22 プライドロップ形状強度試験及び解析結果

(カ) 金属材料成形技術ーチタン合金に対する新ピーニング技術の検討

航空機の主要結合金具への適用拡大が想定されるチタン材では、その多くが機械加工により製造されている。一般的にチタン材は冷間成形性に劣るため、矯正過程では現在多大な労力を要している。成形性や処理後の酸洗が必要などの問題があるショットピーニングに代わる新たなレーザーピーニングによる成形技術を開発した。

レーザーピーニングは水中でレーザーを照射し、プラズマを発生させることにより金属表面に高い残留圧縮応力を生じ、疲労強度を向上させる。チタン合金に対し常温での歪み矯正としても使用可能で、クリーンでかつコントロールが容易な成形法である。

実部品を模擬した試験片にレーザーピーニング施工を実施し、施工面積とレーザ強度等のパラメータから成形量（成形高さ）を予測する手法を確立した。

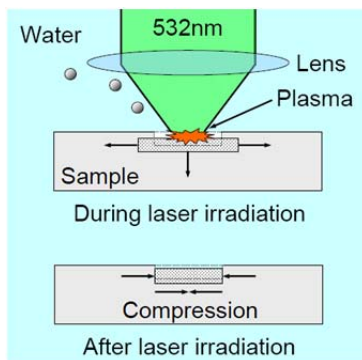


図 3-1-2-23 レーザーピーニング概念図

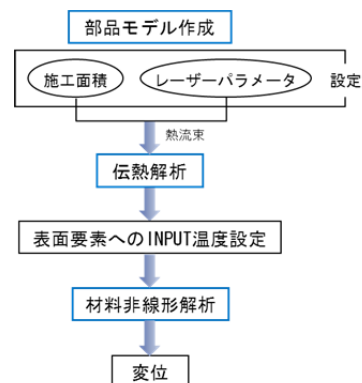


図 3-1-2-24 解析フロー

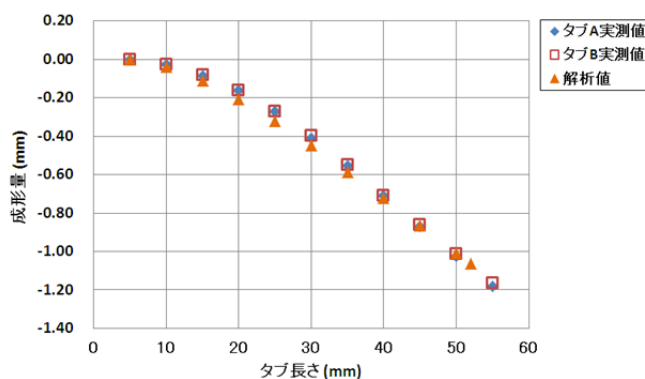


図 3-1-2-25 解析と試験の成形高さの比較

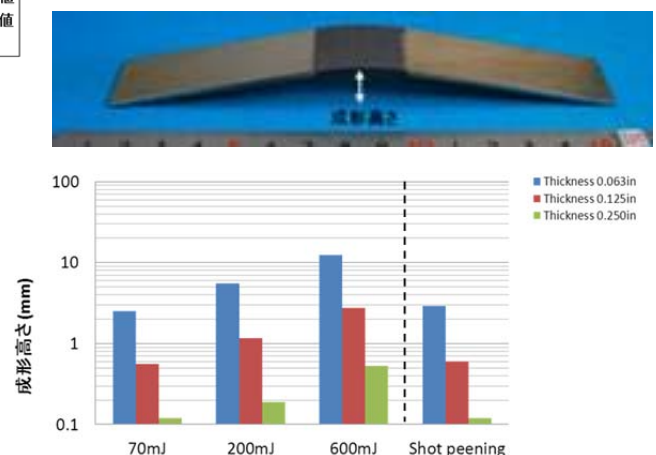


図 3-1-2-26 レーザーエネルギーと成形高さの関係

(3) 超高速機のスペック等の設定（日仏共研及び日欧共研）

巡航速度は、空力加熱の面から低コストのアルミやエポキシ等の材料を利用できること等を考慮し、マッハ1.6と設定した。これは亜音速機の約2倍の速度で、ニューヨークーパリ間では1機で亜音速機2機分の運航が可能となるなどエアラインからも妥当な速度との意見を得た。また、長距離機と中距離機等ファミリー化が望ましいとの意見に基づき、全航程超音速巡航時の航続距離が5,500nm、5,000nmと3,500nmのケースを検討した。更に、路線毎の需要に対応できるよう、150席クラスと100席クラスの機体諸元を策定した。

また、加速上昇速度スケジュールを最適化し、フラッタを回避することにより構造重量の増加を抑え、消費燃料の軽減が可能となった。

今後20年間で航空旅客輸送量は2.6倍に拡大し、新規需要は約32,000機と想定されているが、この市場に超高速機を投入すれば、中長距離路線を中心に約1,500機のシェアを獲得できるとの予測を行った。

更に、高速航空機に関する日欧共同研究 HIKARI プロジェクトに参画し、極超音速機の市場分析を行った。

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

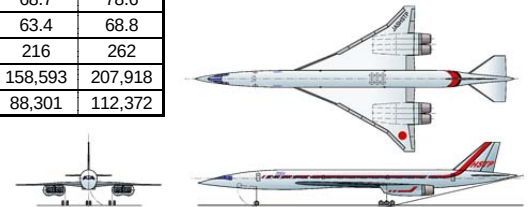


図 3-1-27 機体主要諸元性能（日仏共研）

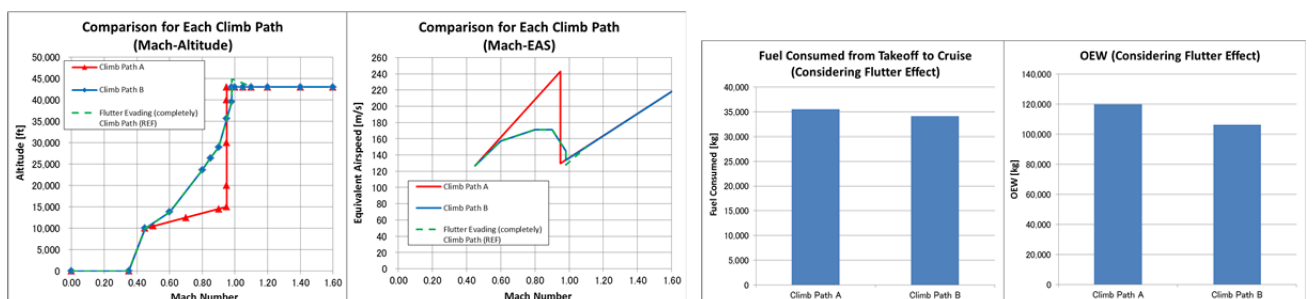


図 3-1-2-28 加速上昇速度の最適化による構造重量抑制および消費燃料軽減（日仏共研）

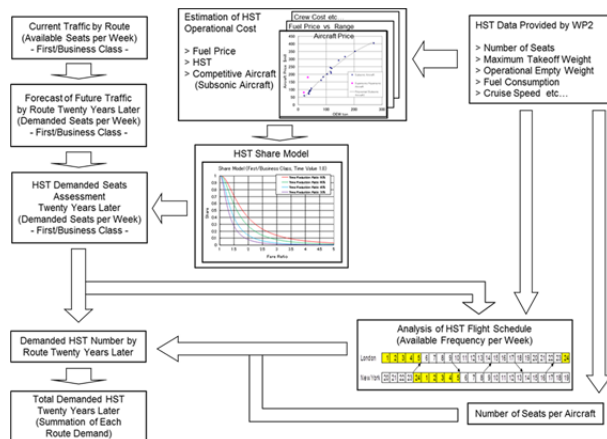


図 3-1-2-29 需要予測の流れ (日欧共研)

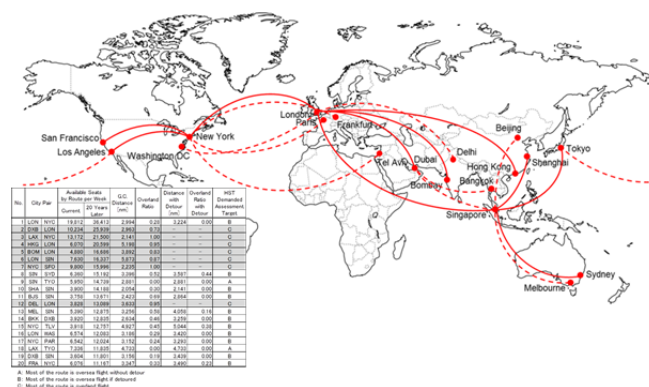
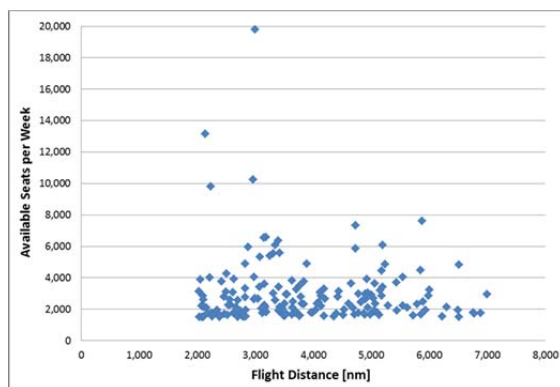
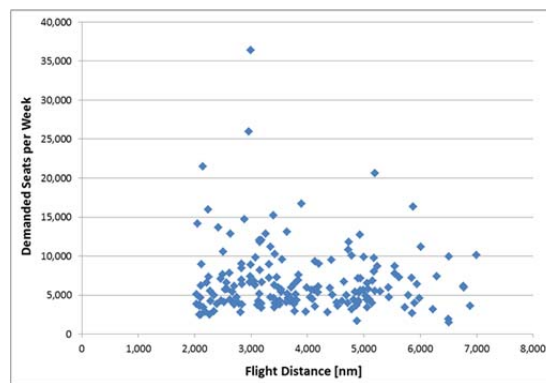


図 3-1-2-30 主要路線 (日欧共研)



現在



20年後

図 3-1-2-31 主要路線ごとの提供座席数 (日欧共研)

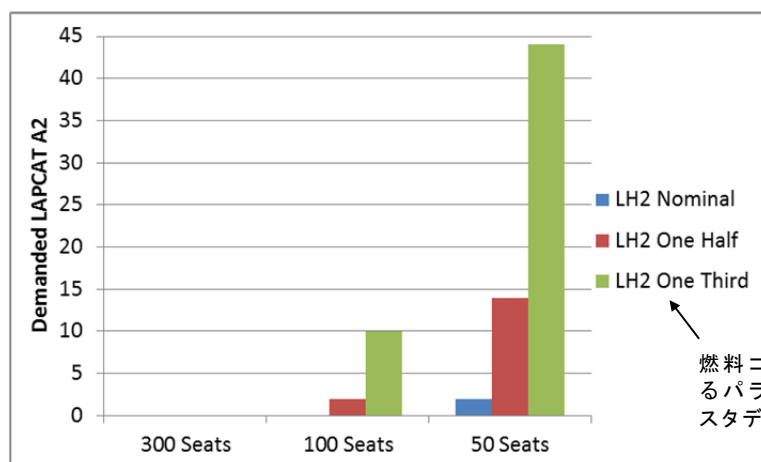


図 3-1-2-32 高速航空機の需要機数推定結果 (日欧共研)

3-1-3 特許出願状況等

平成 25 年度末までの成果に対して、下記に示す特許申請及び論文等の発表を行った。

表 3-1-3-1 特許・論文等件数

要素技術	論文数	論文の 被引用度数	特許等件数 (出願を含む)	特許権の 実施件数	ライセンス 供与数	取得 ライセンス料	国際標準 への寄与
空力技術	13	0	3	0	0	0	0
構造技術	8	0	15	0	0	0	0
計	21	0	18	0	0	0	0

表 3-1-3-2 論文、投稿、発表、特許リスト

	題目・メディア等	時期
論文	第45回構造強度に関する講演会:超高速域を飛行する輸送機の材料構造設計	H15.7
	精密工学会 2004年度秋季大会講演会:異種材料の重ねあけに対する低周波振動穴あけ法の有効性評価	H16.9
	第42回飛行機シンポジウム:複合材構造に対する低周波振動穴あけ法の有効性評価	H16.10
	第42回飛行機シンポジウム:VaRTMを用いた井桁構造の製造技術	H16.10
	第42回飛行機シンポジウム:高速輸送機における抵抗発散マッハ数の推算と最適化	H16.10
	SAE World Aviation Congress:Acceptable Levels of Sonic Boom Over Populated Areas	H16.11
	第43回飛行機シンポジウム:超高速域を飛行する輸送機のソニックブームの調査・検討	H17.10
	第48回構造強度に関する講演会:超高速機の遷音速フラッタ解析について 空力弾性解析システムの検証	H18.7
	第44回飛行機シンポジウム:複合材構造に対する低周波振動穴あけ法の有効性評価	H18.10
	第42回流体力学講演会:遮蔽によるジェット騒音の低減技術について	H22.6
	第48回飛行機シンポジウム:フラップスケジューリングによる超音速旅客機の遷音速巡航性能向上	H22.11
	KHI技報:次世代超音速旅客機—先進の空力設計技術でめざす静かな超音速—	H23.1
	新明和技報:熱可塑性複合材料の電気抵抗溶着	H23.4
	Inter-noise 2011:Study of jet noise source modeling and shielding effect for future aircraft	H23.9
	第49回飛行機シンポジウム:熱可塑性複合材料の電気抵抗溶着	H23.10
	第49回飛行機シンポジウム:フラップスケジューリングによる超音速旅客機の遷音速巡航性能向上	H23.10
	三菱重工技報:厚板部材を成形するための高効率RTM成形技術開発	H23.10
	第50回飛行機シンポジウム:超音速旅客機の推進部と尾翼によるソニックブームへの影響について	H24.11
	第50回飛行機シンポジウム:超音速旅客機におけるジェット騒音遮蔽効果の解析的評価	H24.11
	三菱重工技報:圧縮性Building-Cube Methodを用いたフラッタ解析	H26.10
	第28回数値流体力学シンポジウム:先進直交格子CFDを用いた航空機フラッタ予測技術の高度化	H26.12
発表	第71回風洞研究会議:エンジンを搭載した超音速機のフラッター試験について	H15.11
	第17回ACT研究会:JAXA空力弾性の最近の成果	H15.12
	第72回風洞研究会議:エンジンを搭載した超音速機のフラッター試験について	H16.5
	第41回日本航空宇宙学会中部・関西支部合同秋季大会:超高速輸送機形状の高揚力装置の空力設計	H16.11
	第71回風洞研究会議:エンジンを搭載した超音速機のフラッター試験について	H17.3
	第72回風洞研究会議:エンジンを搭載した超音速機のフラッター試験について(その2)	H17.3
	2006日本航空宇宙学会年会:超音速技術における日仏協力について	H18.4
	サイレント超音速旅客機研究会:超高速輸送機の研究状況	H18.6
	第1回日仏超音速技術協力ワークショップ:In-process Composite Repair during VaRTM Process	H18.10
	第1回日仏超音速技術協力ワークショップ:Jet Noise Propagation Analysis	H18.10
	第1回日仏超音速技術協力ワークショップ:Supersonic Airplane Configuration Study	H18.10
	複合材非破壊検査・修理に関する意見交換会:インプロセス修理技術の開発	H19.4

表 3-1-3-2 論文、投稿、発表、特許リスト(続き)

	題目・メディア等	時期
発表	静粛超音速機技術有識者会議:超高速輸送機調査概要	H19.9
	第2回日仏超音速技術協力ワークショップ:In-proces Composite Repair during VaRTM Process	H19.10
	第2回日仏超音速技術協力ワークショップ:Jet Noise Propagation Analysis	H19.10
	第2回日仏超音速技術協力ワークショップ:Supersonic Airplane Configuration Study	H19.10
	静粛超音速機技術有識者会議:超高速輸送機市場性	H19.12
	複合材非破壊検査・修理に関する意見交換会:インプロセス修理技術の開発	H20.3
	オゾン委員会:超高速輸送機調査概要	H20.9
	第3回日仏超音速技術協力ワークショップ:In-proces Composite Repair during VaRTM Process	H20.11
	第3回日仏超音速技術協力ワークショップ:Jet Noise Propagation Analysis	H20.11
	第3回日仏超音速技術協力ワークショップ:Supersonic Airplane Configuration Study	H20.11
	第82回風洞研究会議:超音速流れ場における速流れ場における3次元可視化手法の検討	H21.5
	第82回風洞研究会議:ジェット流の騒音//空力データ空力データ取得試験について	H21.5
	文部科学省 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 航空科学技術委員会委員:わが国における超音速輸送機実用化検討について	H21.8
	第4回日仏超音速技術協力ワークショップ:High Efficient RTM Process Development	H21.10
	第4回日仏超音速技術協力ワークショップ:Jet Noise Propagation Analysis	H21.10
	第4回日仏超音速技術協力ワークショップ:Supersonic Airplane Configuration Study	H21.10
	第7回新生流体科学セミナー:航空機騒音の低騒音化について	H22.7
	第5回日仏超音速技術協力ワークショップ:High Efficient RTM Process Development	H22.11
	第5回日仏超音速技術協力ワークショップ:Jet Noise Propagation Analysis	H22.11
	第5回日仏超音速技術協力ワークショップ:Supersonic Airplane Configuration Study	H22.11
	116th STAI (Supersonic Tunnel Association, International):Examination of Three Dimensional Visualization Technique in Supersonic Flow Field	H23.9
	第6回日仏超音速技術協力ワークショップ:High Efficient RTM Process Development	H23.11
	第6回日仏超音速技術協力ワークショップ:Jet Noise Propagation Analysis	H23.11
	第6回日仏超音速技術協力ワークショップ:Supersonic Airplane Configuration Study	H23.11
	第7回日仏超音速技術協力ワークショップ:High Efficient RTM Process Development	H24.10
	第7回日仏超音速技術協力ワークショップ:Jet Noise Propagation Analysis	H24.10
	第7回日仏超音速技術協力ワークショップ:Supersonic Airplane Configuration Study	H24.10
	第44期年会講演会:低速飛行特性を考慮した空力経常の検討(非定常空力特性解析)	H25.4
	19th AIAA/CEAS AeroAcoustics Conference:Jet Noise Source Modeling Suited to Estimate a Shielding Effect	H25.5
	日欧共同研究HIKARI第1回ワークショップ:Assessment of demand and cost	H25.9
	第8回日仏超音速技術協力ワークショップ:High Efficient RTM Process Development	H25.12
	第8回日仏超音速技術協力ワークショップ:Jet Noise Acoustic Propagation	H25.12
	第8回日仏超音速技術協力ワークショップ:High Speed Transport (HST) Configuration Studies	H25.12
	日欧共同研究HIKARI第2回ワークショップ:Assessment of demand and cost	H26.3
	第90回風洞研究会議:風洞試験における動吸振器を利用した模型制振	H26.5
特許	特願2003-077152,特開2004-284120,特許第4035464:複合材料の製造方法及び製造装置	H15.3
	特願2006-286819,特開2008-102095,特許第4184401:ジェット騒音の音源モデル化方法、ジェット騒音の解析方法および航空機の設計方法	H18.10
	欧州出願 EP07118867.6:Jet noise modeling method, jet noise analyzing method, and aircraft designing method	H18.10
	米国出願 US11/907796:Jet noise modeling method, jet noise analyzing method, and aircraft designing method	H18.10
	特願2008-292743,特開2010-117329,特許第5419424:非破壊検査装置および非破壊検査方法	H20.11
	特願2010-539243,特許第5374519:複合材料修理装置および複合材料製造方法	H20.11
	海外出願 PCT/JP2009/069099:非破壊検査装置および非破壊検査方法	H21.11
	海外出願 PCT/JP2009/069585:複合材料修理装置および複合材料製造方法	H21.11
	特願2010-045008,特開2011-178290:動翼(ビーム方式)	H22.3
	特願2010-045014,特開2011-178291:動翼(リンク方式)	H22.3
	特願2010-045016,特開2011-178292:動翼(リテーナ方式)	H22.3
	特願2010-155048,特開2012-016867:炭素繊維強化熱可塑性樹脂複合材の接合方法	H22.7
	特願2011-041685,特開2012-176727:動翼	H23.2
	特願2011-039656,特開2012-176514:繊維強化樹脂と金属との接合構造、及び繊維強化樹脂と金属との接合方法	H23.2
	特願2011-109670:RTM成形方法及びRTM成形装置	H23.5
	特願2012-038307:可変翼構造	H24.2
	特願2012-048693:繊維強化樹脂と金属との接合構造及び繊維強化樹脂と金属との接合方法	H24.3
	海外出願 PCT/JP2012/056696:RTM成形方法及びRTM成形装置	H24.3

3-2 目標の達成度

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。

表 3-2-1 目標に対する成果・達成度の一覧表

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	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。	達成
	安全性向上技術	BCM 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。	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。	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。	達成

4. 事業化、波及効果について

4-1 事業化の見通し

(一財)日本航空機開発協会の予測によると、世界の航空旅客輸送量は、20年後には現在の2.6倍になり、運航機数も現在の2倍となり、新規需要は約32,000機と予測されている。

その中で、超高速機が実用化された場合、エアラインとして競合他社が導入すれば競争上、自社も導入しないといけなくなるのではないかといった意見もあり、超高速機は中長距離路線を中心にシェアを獲得し、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。

また、事業化されエアラインにより運航される場合、ビジネス客が主な顧客になるものと考えられている。

超高速機は長期的に将来国際共同開発が見込まれており、本実用化開発調査により、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。

なお欧米ではNASAを中心に超高速技術について研究を行っており、また具体化には至っていないが超高速機の開発構想を発表している会社もある。

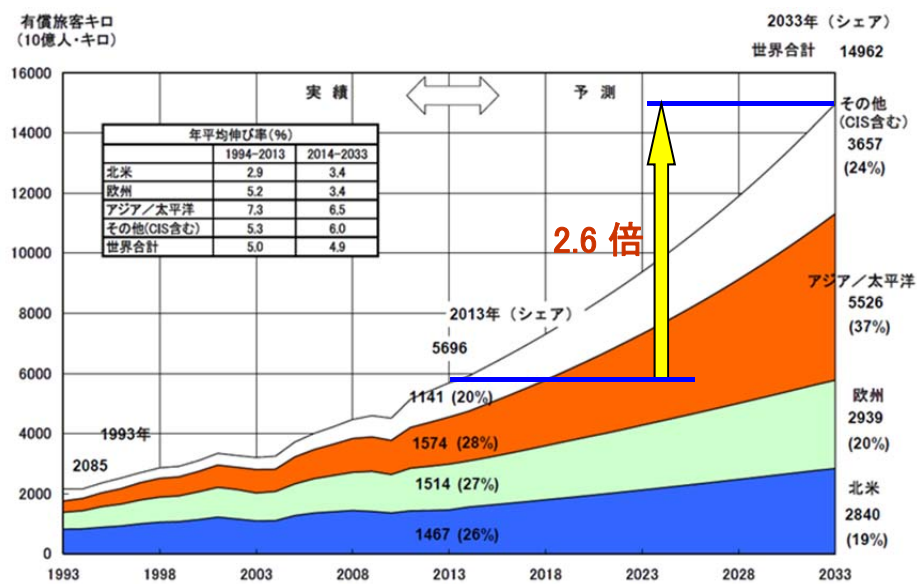


図 4-1 世界の航空輸送量の伸び予測

4-2 波及効果

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言われている。

波及効果は厳密には産業波及効果（航空機の産業活動が他産業の産業活動を誘発する）と技術波及効果（新技術が他産業に転移されて他産業の活性化を誘発する）に分けられる。

航空機産業の特徴としては、特に技術波及効果が極めて大きいことが挙げられる。開発費 5,000 億円の新型機開発（亜音速機）のケースの試算では技術波及効果は 10 年間で 6 兆 3,000 億円と言われている。（産業連関表を利用した航空機関連技術の波及効果定量化に関する調査 報告書（一社）日本航空宇宙工業会 平成 12 年 3 月より）

本開発調査で実施した空力技術開発、材料・構造技術開発及び超高速機のスペック等の検討等では、以下の波及効果が期待される。

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。

5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等

5-1 研究開発計画

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機の研究に移行した。

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も協力しており、平成17年度から当初は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、フランスと日仏超音速技術に関する共同研究を進めた。

また、日仏の成果を踏まえ、日欧共同研究 HIKARI プロジェクトへの参画を要請され、平成25年2月に参画した。

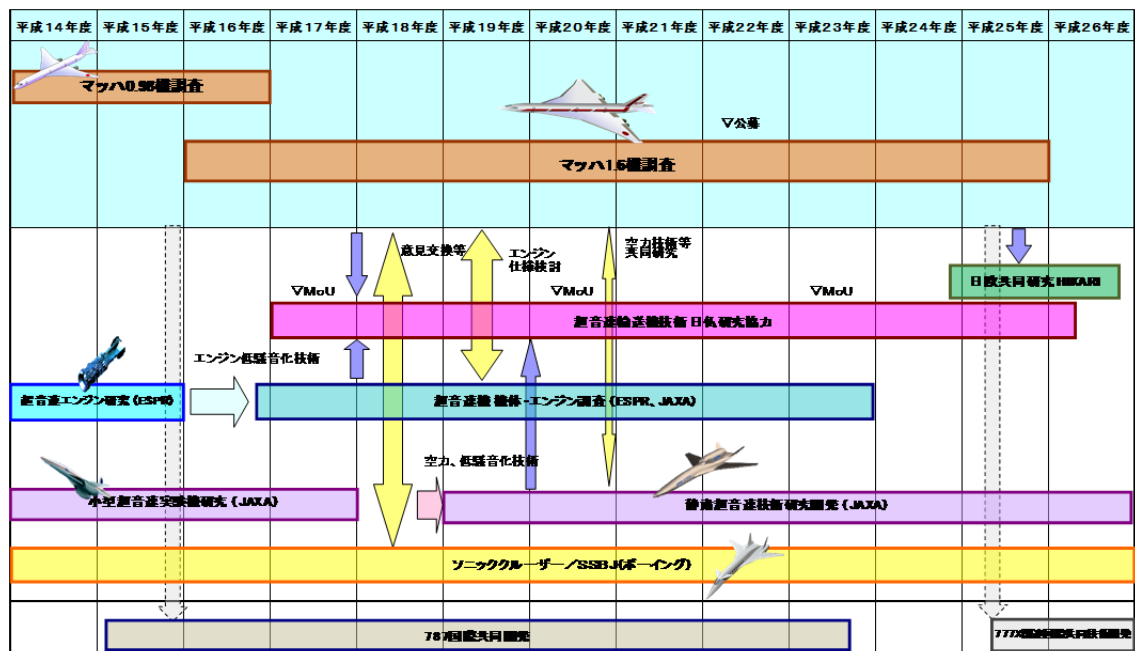


図 5-1-1 本開発調査の全体研究開発計画

重要要素技術		作業概要	作業日程			
			H22	H23	H24	H25
機体空力形状最適化設計技術	全機空力形状最適化設計技術	① 機体・インテーク・ナセル統合設計技術の検討 ・インテークナセル形状最適化設計 ・胴上ナセル配置による空力特性検討/風洞試験/CFD解析				
		② 全機統合最適設計技術の検討 ・ナセル位置最適化設計・評価 ・全機統合設計・評価/高速風洞試験/CFD解析				
		① 離着陸空力特性の評価、非定常空力特性設計技術の検討 ・要素(翼胴)フラッタ解析ツールの検証・評価 ・低速風洞試験、低速空力特性CFD解析				
		② 離着陸空力特性、非定常空力特性設計技術の検証・改善 ・全機フラッタ解析ツールの検証・評価 ・低速風洞試験、低速空力特性CFD解析				
	離着陸騒音低減技術	① ジェット騒音源のモデル化、伝播解析技術の検討 ・音源モデル化/音響伝播解析及び精度向上				
		② 低騒音機体の設計、評価 ・音源モデル、音響伝播解析技術の改善 ・全機モデル相当でのジェット騒音評価の検討 ・実エンジン騒音特性のモデル化と評価				
		① 機体ブーム特性の検討 ・推進部、尾翼によるブームへの影響調査 ・低ブーム翼胴形状の検討				
		③ 低ブーム全機形状の設計 ・推進部の影響を考慮した翼胴形状の低ブーム最適化設計 ・ソニックブームを低減する推進部および機首形状の検討				
	軽量化構造設計技術	① 主翼間構造最適化設計 ・フラッター強度解析手法の検討/主翼重量推算 ・対フラッター強度に対する構造最適化の検討				
		② 非線形解析を含む構造最適化解析技術の検討 ・非線形効果の重量軽減に対する感度検討 ・最適化計算の妥当性確認及び重量軽減効果の評価				
		③ 主翼の断面可変手法の検討 ・モーフィング機構の検討 ・主翼モーフィング構造の設計/成立性確認				
		④ 断面可変手法を適用した主翼設計 ・モーフィング機構シミュレーション解析評価				
		① チタン合金/CFRP構造新結合技術の検討 ・ハイブリッド化手法の比較評価/要素供試体の試作 ・ハイブリッド構造適用部位の検討/構造データ取得試験				
		② CFRP高強度結合手法の検討 ・結合手法の検討/試作及び強度検証・評価				
	低コスト製造技術	① 厚板部材RTM成形手法の検討 ・高品質樹脂含浸手法/効率的プリフォーミング手法の検討 ・特性向上、評価				
		① 熱可塑性複合材溶着手法の検討 ・溶着特性向上手法の検討・評価 ・低コスト溶着技術の検討				
		② 熱可塑性複合材構造の設計 ・溶着強度の安定化技術の検討・評価 ・低コスト溶着条件の確立				
		① 複合材リブ一体成形手法の検討 ・両面フィッティング一体成形手法の検討 ・複合材リブ一体成形技術の検討				
	大型チタン成形技術	② 複合材一体構造製造技術の検討 ・適用部位の拡大検討 ・一体成形部分構造試作評価				
		新ピーニング技術の検討 ・成形性評価/強度評価 ・成形性設計手法の検討及び確認試験				

図 5-1-2 平成 22 年度以降の要素研究計画

5-2 研究開発実施者の実施体制・運営

本開発調査は、平成 14 年度から、（一財）日本航空機開発協会（JADC）が経済産業省からの補助を受けて実施している。なお、平成 22 年度には公募による選定審査手続きを経て、引き続き経済産業省からの補助を受けて実施した。

超高速機のスペックの設定等の機体統合設計及び全体取りまとめは（一財）日本航空機開発協会が担当し、重要要素技術である空力、構造等の個別技術開発は、航空機関連の研究開発・製造実績のある国内機体メーカーが行い、その成果を JADC にて取りまとめ、JADC の検討事項に反映した。

本事業の実施体制として、JADC 内に企画協議会を設置し、全般的な事業内容を協議し、個別の技術課題については技術分科会を開催した。

更に、モニタリング委員会を設置し有識者によるプログラム実施状況・成果評価及び今後の方向についての助言をいただくことにした。

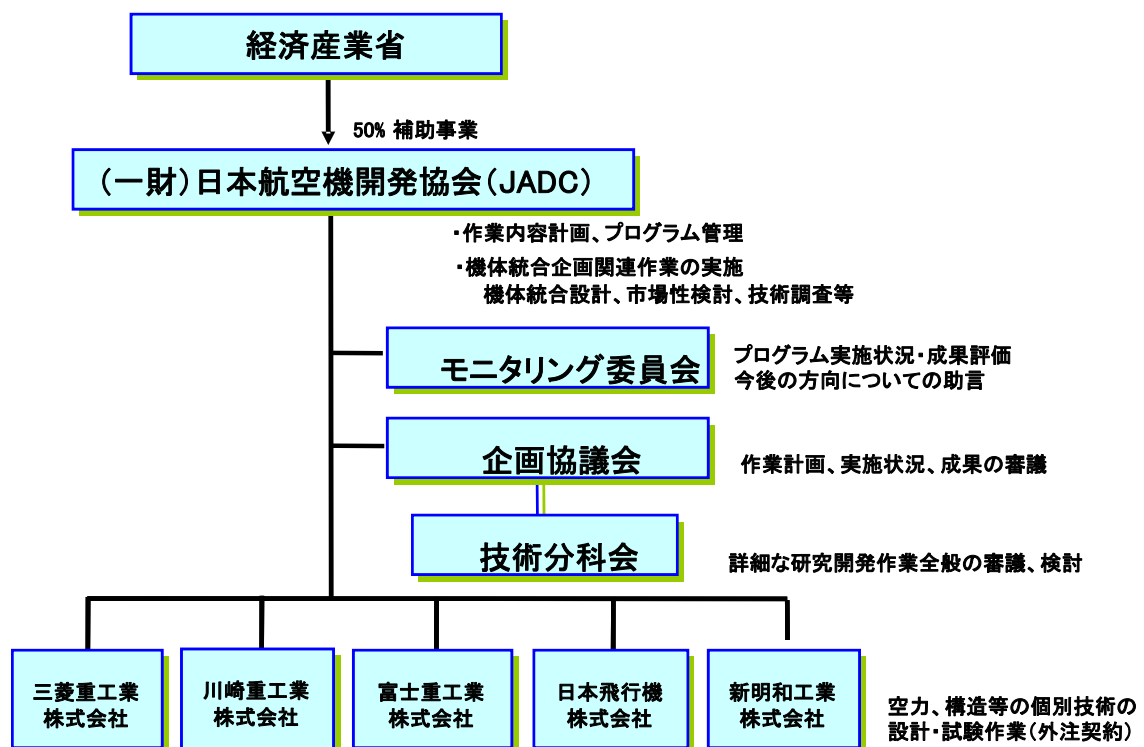


図 5-2-1 研究開発実施体制

5-3 資金配分

研究内容は、空力技術開発、材料・構造技術開発、超高速機のスペック等の検討の3つに分かれている。

それぞれの研究内容の進捗と、その時点での必要性から資金配分を行った。

表 5-3 資金度配分

(単位：百万円)

年度 平成	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	合計
空力技術開発	47	46	35	82	86	100	89	92	85	65	72	70	869
材料・構造 技術開発	289	866	224	35	66	102	74	84	79	73	78	67	2,037
超高速機の スペック等の検討	60	134	114	91	92	106	90	92	56	83	58	29	1,005
合計	396	1,046	373	208	244	308	253	268	220	221	208	166	3,911

5-4 費用対効果

(一財)日本航空機開発協会の予測によれば、今後20年間のジェット旅客機の世界の販売機数は約32,000機で、売上高は約300兆円と見込まれている。超高速機が実用化された場合の潜在需要機数は、約1,500機で30兆円程度と見込まれ、約10%に相当する。超高速機は長期的に国際共同開発が見込まれ、我が国は其中で重要な役割を果たすことが求められており、応分のシェアが期待される。現在の日本の航空機工業の売上高は年間1兆円レベルであり、我が国航空機工業にとって重要なプロジェクトになり得ると考えられる。

エアラインにとっても巡航速度が約2倍になるということは、同じ時間で約2倍の旅客を輸送でき、機材を約2倍の効率で運航できることになるため、非常にメリットが大きいと考えられる。

同様に旅客にとっても、ビジネス客を中心として移動時間を短縮して効率的な時間管理ができるとともに長時間搭乗による疲労を軽減することができる。

この開発調査で得られる重要要素技術は亜音速機の技術より高度な技術を求めているため、その成果は、近い将来期待される亜音速機の開発にも適用されるとともに、関連産業への波及効果も大きく、高い費用対効果が期待される。また、日仏共同研究及び日欧共同研究により海外の共同研究先からの情報も得ることができた。

5-5 変化への対応

本開発調査の開始当初は、超音速機に比べ技術的困難性が低いマッハ 0.98 の遷音速機が近い将来に有望な機体コンセプトであると考えて調査研究を進めたが、欧米エアラインを訪問しての調査では、この程度の改善では新型機の導入に対して否定的であった。

一方、その後提示したマッハ 1.6 の超音速機に対しては、具体的な導入検討を行っているエアラインこそ無いものの、経済性と環境性さえ解決すれば将来的には魅力的であるとする意見が多かったため、今後はマッハ 1.6 の超音速機に集中して検討することとした。マッハ 1.6 は、その後発表された欧米の超音速ビジネスジェット計画が、ほとんどマッハ 1.6 前後であることから妥当な選択であったと考えられる。

座席数については、当初設定した 250 席（3 クラス）では座席ピッチが現状の長距離大型機に比べて狭すぎるとのエアラインの意見を踏まえビジネスクラスとプレミアム・エコノミの 2 クラス仕様で 150 席を新たな標準仕様に変更し、100 席機についても検討するなど柔軟に対応した。

なお、2005 年 6 月のパリエアショーにおいて日仏航空宇宙工業会の間で超音速技術に関する研究協力を行うとの MOU が締結された。本開発調査もそれに参加し、騒音低減技術及び複合材技術を EADS 社との共同研究で行ったが、複合材技術では当初の複合材修理法から高効率 RTM 成形法に発展的に移行するなど、研究の進捗にあわせ柔軟に対応した。

また、日仏共同研究の成果を踏まえて日欧共同研究 HIKARI への参画要請を受け、市場分析の分野で参画した。