

航空科学技術に関する 研究開発課題の事前評価結果

平成28年3月

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

	氏名	所属・職名
主査	李家 賢一	東京大学大学院工学系研究科教授
主査代理	高辻 成次	一般社団法人日本航空宇宙工業会常務理事
	鐘尾 みや子	一般社団法人日本女性航空協会理事長
	佐藤 哲也	早稲田大学理工学術院基幹理工学部教授
	鈴木 みゆき	ジェットスター・ジャパン株式会社代表取締役社長
	武市 昇	首都大学東京システムデザイン学部准教授
	竹内 健蔵	東京女子大学現代教養学部教授
	松島 紀佐	富山大学大学院理工学研究部教授
	宮下 徹	公益財団法人航空輸送技術研究センター常務理事
	山本 佳世子	株式会社日刊工業新聞社論説委員兼編集委員
	結城 章夫	山形大学名誉教授

「静粛超音速機統合設計技術の研究開発」(新規)の概要

1. 課題実施期間 平成28年度～平成31年度 中間評価 平成30年度、事後評価 平成32年度を予定

2. 研究開発の概要・目的

アジア圏を日帰り可能とする超音速旅客機の実現は、我が国の経済活動の更なる発展に貢献できるものであり、非常に価値のある技術である。一方、コンコルドの失敗例にあるように、経済性と環境適合性に関する解決しなければならない課題が残っており、我が国では、低抵抗技術、ソニックブーム低減設計コンセプトについて、世界に先駆けて飛行実証したところ。これらの技術を核に、ICAO⁽¹⁾のソニックブーム基準策定に技術的に貢献し、そこで得られた情報を競争力強化のための要素技術研究に役立てる。国内産業の国際競争力強化のため、超音速機が旅客機として成立するための最終ステップとなる低ソニックブーム⁽²⁾／低離着陸騒音⁽³⁾／低抵抗⁽⁴⁾／軽量化⁽⁵⁾を同時に満たすシステム設計技術を世界に先駆けて取り組み、最終的には磨きかけた低ブーム/低抵抗技術の実証を目指す。

3. 研究開発の必要性等

平成26年に策定された戦略的次世代航空機研究開発ビジョン(文科省)の実現には、わが国の技術的優位性を確保することが必須であり、これまでに開発してきた競争力のある要素技術をシステム設計技術として高め、これまでの活動の方針でもある欧米の先を行く技術開発を進めることが重要である。

NASAではICAOのソニックブーム基準策定を目指した有人低ソニックブーム実証機の開発を計画し、欧州では国際ソニックブーム基準策定への貢献を掲げたEUプロジェクトを計画するなど、超音速旅客機実現に向けた取り組みが活発化する中、米国Aerion社の超音速ビジネスジェット機(2023年就航予定)が、2015年に20機の確定発注を受けるなどビジネスにおいても開発が本格化しつつある。

JAXAでは超音速機技術として世界的な開発競争の中で競争力を持ちうるソニックブーム低減設計コンセプトを本研究開発の前身である静粛超音速機技術の研究開発において世界で初めて飛行実証し、欧米に対して一歩先んずるとともに、その成果をもとに、ICAOにおいて進行しているソニックブームの基準策定に対して貢献しているところ。

今後4年間は、国際動向を注視しつつ研究開発を進めるとともに、その成果が超音速機のみならず広く我が国航空産業の国際競争力に直結することが重要であることを認識し、産官学連携の研究開発チーム等の効果的な研究開発環境を構築して、システム検討や技術実証計画立案等の活動を推進する。

【次世代SSTの技術課題と技術目標】

環境適合性向上技術 (基準の動向を踏まえて技術目標を強化)
 ・ソニックブーム強度 → ■陸域でも飛行可能な水準(ICAOの議論を反映)
 ・離着陸騒音 → ■亜音速機と同等の基準に適合

経済性向上技術 (環境適合性技術目標達成において性能が下がらないこと)
 ・低抵抗化 → ■アジア圏内をノンストップで到達できる航続距離
 ・軽量化

4. 研究開発のロードマップ

	現在	~2015 ~H27	2016 H28	2017 H29	2018 H30	2019 H31	2020~ H32~
(1)基準策定への貢献 ・ICAOへの貢献			▽ICAO CAEP*10	ICAO CAEP11			
			技術アドバイザーとしてICAOの基準策定に貢献				
(2)システム設計検討 ・設計チーム構築 ・システム検討 ・技術実証計画立案			産学官連携の設計チーム構築 システム検討、技術(飛行)実証計画の立案等				▽事後評価
(3)要素技術研究 ・システム設計技術 ・低ブーム/低抵抗技術 ・エンジン低騒音化技術 ・低速性能向上技術 ・機体軽量化技術					▽進捗確認 (中間評価)		▽事後評価
			超音速輸送機を実現するための技術目標を達成するための要素技術/基盤技術研究				

*CAEP: 航空環境保全委員会のことで3年毎に本会議が開催される
 **H31年度以降の研究開発計画は、産官学一体の体制で検討

5. 予算の変遷

年度	H28-31				H32以降
	H28	H29	H30	H31	
予算案	4.4億	-	-	-	-
(内訳)運営費交付金	4.4億	-	-	-	-

- (1)ICAO: International Civil Aviation Organizationの略で国際民間航空機関のこと。
 (2)超音速飛行時に発生する爆音のような騒音を下げる技術で環境適合性向上につながる。
 (3)エンジン低騒音化技術と低速性能向上技術により、騒音を下げる技術で環境適合性向上につながる。
 (4)空気抵抗を下げて航続距離を長くする技術で、経済性向上につながる。
 (5)複合材構造を適用することで機体を軽量化して航続距離を長くする技術で経済性向上につながる。

事前評価票

(平成 28 年 1 月現在)

1. 課題名 静粛超音速機統合設計技術の研究開発 (新規)
2. 開発・事業期間
平成 28 年度～平成 31 年度
3. 課題概要
これまでの研究開発成果 (低ソニックブーム及び低抵抗技術) を踏まえ、国際競争力強化のため、超音速機が民間機として成立するためのキーとなる低ソニックブーム/低離着陸騒音/低抵抗/軽量化を同時に満たす機体設計技術 (推進系統合技術を含む) を獲得し、最終的には磨きをかけた低ブーム/低抵抗技術の実証を目指す。
4. 各観点からの評価
(1) 必要性
【科学的・技術的意義】 超音速機が実現するためには、コンコルド開発で明確になった離着陸時と超音速巡航時の騒音が大きいという環境適合性の問題と、抵抗が大きく機体重量も重いことから航続距離が短いという運用時の経済性の問題を解決する必要がある。これまで JAXA では NEXST ^{*1} プロジェクトにおいて抵抗低減技術を獲得し、D-SEND ^{*2} プロジェクトにおいて超音速巡航時の騒音低減を実現するソニックブーム低減コンセプトを世界に先駆けて実証してきたところである。D-SEND において培われたソニックブーム低減コンセプトの優位性を生かして超音速機を実現するためには、D-SEND において考慮されていなかった離着陸時騒音低減、機体軽量化、低抵抗化の諸点も加味したシステム実証が必要である。 本研究開発では、NEXST で飛行実証した抵抗低減技術、及び D-SEND で飛行実証したソニックブーム [*] 低減設計コンセプトを核として、低ソニックブーム、低離着陸騒音、抵抗低減技術、軽量化の 4 つの技術目標を同時に満たす機体コンセプトの技術的な成立性を示すために独創的な要素技術開発とそれらを機体に適用するための統合設計技術を獲得することを目的としており、これは世界に先駆けて取り組む先進的な研究開発であり、科学的・技術的意義があると判断する。 なお、4 つの技術目標は低ソニックブームと低離着陸騒音については国際的な基準に適合することを目標としており、低抵抗と軽量化についてはアジア圏をノンストップで到達できる航続距離を達成する目標としている。
① 低ソニックブームの目標を達成するためには、D-SEND で実証されたコンセプトを、エンジンを取り付けた機体に適用して、ソニックブーム低減効果を示すことが求められる。その際に国際的な基準に適合するよう、機体とエンジンの統合技術を開発しソニックブーム低減効果が D-SEND 実証より低減しない技術の研究開発が必要である。
② 低離着陸騒音の目標を達成するためには、一つにエンジンの騒音を下げることが求められ、超音

速機特有の推進系の形態においても排気ジェット騒音を低減できるような要素技術の研究開発が必要である。

- ③ 低抵抗の目標を達成するためには NEXST で実証された抵抗低減技術を、エンジンを取り付けた機体に適用して、抵抗低減効果を示す技術開発が求められる。さらに、超音速機の特徴である亜音速機に比べて相対的に大きなエンジンが取り付けられることや一般的に抵抗が増加するソニックブームを低減する機体形状であることを考慮しても抵抗低減を可能とする機体とエンジンの形状最適化設計技術の研究開発が必要である。
- ④ 軽量化の目標を達成するためには、亜音速機に比べて薄い翼でも軽量化の効果を発揮できる複合材構造設計技術の研究開発が必要である。

【社会的・経済的意義】

社会的・経済的意義の一つとして本研究開発は超音速旅客機の実現を目指したものであることがあげられる。超音速旅客機の実現は多様化する将来航空輸送ニーズの中で長距離移動にかかる時間の短縮化へ対応するものであり、陸域が飛行可能であれば、航空機製造産業やエアラインのみならず、商業、観光等の発展に寄与し、高い経済効果が見込まれる^{※4}。また、超音速旅客機が我が国に導入された場合には、経済成長著しいアジア諸都市が日帰り交流圏に入ることとなり経済活動の拡大が期待できる。一方で、本研究開発の技術目標には ICAO^{※5} の CO₂ 排出基準策定で議論されている CO₂ 排出の指標である航続距離が目標として設定されているため、騒音に加えて CO₂ 排出に関する環境適合性への配慮、またコンコルド時代からの圧倒的な燃費の向上による経済性への配慮に関しても同時に取り組む研究開発とすべきである。

二つ目の社会的・経済的意義として本研究開発は我が国産業界の国際競争力強化に資するものである。我が国航空産業界の国際競争力が向上するには、産業界が競合相手に差別化ができるような高いレベルの要素技術を獲得することと、超音速機特有の高いレベルの要素技術を統合するシステムインテグレータとしての技術力を獲得することとしている。

以上より、本課題は現在開発が進んでいる超音速ビジネスジェットや将来超音速旅客機実現の鍵となる低ソニックブーム設計技術の実用化を目指した課題であり、ICAO での国際基準策定への貢献と併せて社会的・経済的意義があると判断する。

【国費を用いた研究開発としての意義】

超音速機の開発は従来の亜音速機開発に比べて達成しなければならない各要素技術のレベルが高い。また、統合設計技術については超音速機特有の要素技術を含めた、空力・構造等の膨大な関連技術を取りまとめる必要があることから格段に開発リスクが高い。また、多額の研究開発投資が必要となるため、民間メーカーが事業化に乗り出す前に技術的課題を解決しておく必要があり、国費を用いた研究開発としての意義がある。なお、米国や欧州においても同様に国 (NASA、EC/EU) が中心となり技術研究開発・技術実証計画が進められているところである。

※1: 次世代超音速機技術の研究 (NEXST: National Experimental Supersonic Transport, 1997-2005)

※2: 低ソニックブーム設計概念実証プロジェクト (D-SEND: Drop test for Simplified Evaluation of Nonsymmetrically Distributed sonic-boom) で、静粛超音速機技術の研究開発 (S3, 2006-15) の一環として進められたプロジェクト

※3：超音速機が発生する衝撃波が地上に到達することにより観測される騒音

※4：世界の GDP の約 1.5%に相当する 40 兆円/年の経済効果（日本航空宇宙工業会調べ）

※5：国際民間航空機関（ICAO:International Civil Aviation Organization）

（２）有効性

【研究開発の質の向上への貢献】

本課題への取り組みでは、静粛超音速機技術の研究開発（S3※6）で設定した超音速旅客機実現に向けた 4 つの技術目標に対して、ICAO で検討が進んでいるソニックブーム基準策定動向および 2017 年から強化される新たな離着陸騒音基準（ICAO Chapter 14）に対応すべく技術目標を詳細化する。相反する要求であるこれら 4 つの超音速機特有の技術目標（低ソニックブーム／低離着陸騒音／低抵抗／軽量化）を同時に満たすべく、鍵となる技術の実証レベルとシステム統合度の双方を高めながら本課題を解決することによって、S3 の成果の技術レベル向上が期待される。

【行政施策への貢献や寄与の程度】

本課題では、NEXST により実証された抵抗低減技術と D-SEND プロジェクトで獲得されたソニックブーム低減コンセプトを核に静粛超音速機技術の研究開発（S3）で開発した要素技術の統合レベルを向上させるシステム設計技術研究を進める。併せて、最終的な民間への技術移転に必要な技術成熟度（TRL※7）達成に向けた技術実証計画の立案を行う。この際、製造産業、エアライン、シンクタンク等を含む産官学連携体制を構築する。これは、平成 26 年度に文部科学省次世代航空科学技術タスクフォースがとりまとめた「戦略的次世代航空機研究開発ビジョン」で提言されている超音速旅客機市場開拓のために推進すべき我が国優位技術の実証プログラムにつながるものであり、ビジョンが掲げる 2040 年代の超音速旅客機実現に資するものであると考える。

【見込まれる直接・間接の成果・効果や波及効果の内容】

直接の成果は 4 つの技術目標を同時に満足することを技術的に示すことのできる統合設計技術とそれを実現する要素技術の獲得である。また、ICAO におけるソニックブーム基準策定への技術貢献により、基準策定の議論が加速されること、さらに将来に向けて構築される産官学一体の体制とその体制で検討される技術実証構想結果が挙げられる。

間接の成果としては数値解析技術のような解析技術、風洞試験やエンジン試験等の試験／計測技術、最適化を含む設計／評価技術等のレベル向上や機能拡大等が挙げられる。

これらの成果の波及効果として、わが国産業界に向けては前項【社会的・経済的意義】で記載されているように国際競争力の土台になることが期待される。また、学界に向けては、超音速機に関する将来の技術目標を示すことで空力、推進、構造分野を専門とする多くの研究者の研究の方向性を合わせ、研究者間の交流や議論が活性化するものと考えられ、超音速機以外への技術波及効果を含めわが国の研究レベルが向上することが期待される。さらに先進的な研究成果を海外に向けて発信して行くことで、日本の技術水準の高さを世界にアピールできると考えられる。

※6：「Silent Super Sonic Technology（静粛超音速機技術）」

※7：技術成熟度（TRL：Technical Readiness Level）、開発中の技術が実際に運用されるレベルに

どれだけ近いかを表す指標

(3) 効率性

【計画・実施体制の妥当性】

本研究開発は、以下の計画・体制により効率的・効果的に推進するものとしている。

- ・ これまで、抵抗低減技術、ソニックブーム低減技術開発で構築してきた、産学官の連携体制を、超音速機の実現に向けて取組みを行ってきた我が国の組織、団体の英知を結集できる体制へと発展させ、また必要に応じて海外機関との連携にも取り組む。
- ・ 一定程度の成果を挙げた公募型研究制度も引き続き活用することで体制を強化する。
- ・ 他研究課題と重複する技術課題を避け、4つの要素技術についてそれぞれの技術の現状 TRL と目指すべき TRL 及び各技術固有の事情等を考慮した上で、適切なタイミング・手法で技術レベルを向上させることで、研究開発リソースの合理化に努める。
- ・ ソニックブーム基準策定への技術貢献については、米国 NASA 等と連携を取りながら進める。

【費用構造や費用対効果向上方策の妥当性】

本研究開発に必要な費用としては、要素技術のシステム統合度向上及び技術実証レベル向上に必要な要素技術研究開発費用と、技術参照機体としての超音速旅客機を対象とした要素技術の適用・評価システム設計検討費用、及び技術実証機概念検討と飛行実証を含む技術実証計画立案費用があり、特に技術実証機概念検討にはメーカーの検討費用等が必要となる。

このため、費用構造については、本研究開発の恩恵を受ける産業界などの共同研究相手先もリソースを負担してもらう体制をとることを原則とし、また、費用対効果向上方策については、産官学の強みを生かした体制を構築することとしているが、それらの体制については、外部リソースの導入に努めると共に費用に対する効果（成果）が最大限得られるものとすべきである。

【研究開発の手段やアプローチの妥当性】

【計画・実施体制の妥当性】で示したとおり、適切なタイミング・手法で技術レベルを向上させることとしており、例えば NEXST や D-SEND で飛行実証された TRL4 レベルである低抵抗／低ブーム技術については、機体／推進系統合設計検討を通してシステム統合度を向上することで TRL5 を目指す。他の一例として、現状 TRL3 レベルである構造軽量化技術や低速空力性能向上技術であれば、複合材最適設計技術や高揚力装置最適設計を実機設計に適用し、実証レベルを向上することにより TRL4 レベルを目指すなど、適切に検討・判断を行うこととしている。

以上、本研究開発における計画・実施体制、費用構造・費用対効果向上方策、研究開発手段・アプローチについては妥当であると判断する。

5. 総合評価

【総合評価】

本課題は上記の理由により、実施を可とする。

【中間評価・事後評価の実施時期】

平成 30 年度 中間評価、 平成 32 年度 事後評価

【今後研究を進めるうえでの注意点】

- ・ 早期に研究開発体制を構築すべきである。
- ・ 旅客事業上の将来のニーズを踏まえ、産学官が一体となって研究開発を進めるべきである。
- ・ ICAO の基準策定の状況を踏まえ、経済性・環境適合性に配慮しつつ研究開発に的確にフィードバックすべきである。
- ・ 海外の研究開発や事業化等の動向を注視し、効果的な連携等を進めるべきである。
- ・ 各技術課題における技術目標に対し各年度の進捗を踏まえ、適切なマイルストーンを設定すべきである。
- ・ 過去のプロジェクト等で獲得したプロジェクト管理に関する知見を本課題で更に洗練させ、将来活用しやすい形として蓄積していくことも考慮し進めるべきである。
- ・ 毎年度の進捗に合わせ、企業などと連携しつつ外部資金を導入する等、効果的にリソースを活用して研究開発を進めるべきである。
- ・ 事業終了後に向け、JAXA 外から十分なリソースが確保できるような体制を構築するべきである。