

## 【宇宙・航空特集】

# 超音速航空機のソニック・ブーム低減に関する研究開発状況（米国）

超音速航空機<sup>1</sup>の実現が難しい原因として、ソニックブーム（Sonic Boom、衝撃音）<sup>2</sup>の問題が大きい。最近では、機体形状に工夫を凝らすことにより、超音速飛行時でもあまりソニック・ブームを出さない航空機が研究されている。

以下では NASA（航空宇宙局）を中心とする米国でのソニック・ブームの低減に向けての研究開発状況を紹介します。

## 1. NASA における取り組みの経緯

米国における超音速航空機のソニック・ブーム低減に関する取り組みは、当初は DARPA(国防総省国防高等研究事業局)によって開始されが、現在は、DARPA も引き続き関与しているものの、基本的には NASA のビークル・システム・プログラム (Vehicle Systems Program)の下で研究開発が行われている。このプログラムは、我々の生活質に直接影響する航空工学分野における進歩を開発および実証するために、産業、学会、他の政府機関が協力できるように計画されている。このプログラムの関心領域は以下の通りであり、その一つに超音速飛行が挙げられている。

- ・ 航空機からの有害な排出物を減少させることにより大気質を改善する。
- ・ 新たな設計により航空機騒音を低減させる。
- ・ 国土上空での超音速飛行を可能にする。
- ・ 気象を正確に観測し、国境やインフラを警備し、そしてより優れた通信を可能とする新しく高レベルの無人の飛行体により、国家をより安全にする。

1960 年代以降、米国国土上空を商用の超音速飛行を行うことは禁じられている。当初 NASA は、ソニック・ブームが発生しない静かな超音速飛行を行えるよう様々な設計変更を検討した。それには、地上の電力基地からのレーザービームによりエネルギー供給する飛行体、全てのフライトのフェイズにおいて空動学的パフォーマンスを最適化するように翼の形状を連続的に変化させる能力のある「モーフィング (morphing) 飛行機」が含まれていた。

1990 年代中頃に、NASA の開発担当者は大型（300 人乗り）の商用超音速航空機の開発は実現性がないと判断した。理由は、騒音が大きすぎる上、非常に非効率であるということ、合理的な期間（タイムフレーム）内で達成するためには、非常に多くの

<sup>1</sup> かつては、コンコルド（イギリスとフランスが共同開発した超音速旅客機）などが商業飛行を行っていたが、2003 年 10 月にコンコルドが商業飛行を取りやめて以降、商業飛行を行っている超音速航空機はない。

<sup>2</sup> 航空機が音速を超えて上空を飛ぶとき、地上で聞こえる雷のような音。機首および翼後縁付近で発生した衝撃波のエネルギーが地上に伝播し、不連続な音波として観測される現象。その大きなエネルギーを持つ音波は、しばしば地上に窓ガラスが割れるなどの被害を与える場合がある。

技術において飛躍的進展（ブレイクスルー）が必要であることであった。

米国学術研究会議（NRC）は、25年以内に、商業的に成り立ち、かつ環境に優しい超音速航空機の実現をめざすのであれば、全く新しいコンセプトを検討するよりは、既存の航空機の改良によって達成することにNASAは焦点を当てるべきであると判断を下した。そこでNASAは、マッハ2<sup>3</sup>未満で飛行する商用飛行機を実現するための技術的必要要件の長いリストを作成した。

マッハ2以上（部分的にマッハ2.4以上）の巡航飛行は成層圏（地表10～50kmの大気圏）で行われる。しかし研究者達は、環境影響が問題になり、提案されていたエンジンは騒音が非常に大きくて経済性も不十分であると判断を下し、準マッハ2の航空技術に焦点を当てることに判断を下した。

## 2. 静寂な超音速プラットフォーム（QSP）プロジェクト

十分にソニック・ブームを低減させ、離着陸の騒音を低減させ、効率を大幅に向上させた長距離用の先進的超音速航空機のために重要な技術を開発する「静寂な超音速プラットフォーム（QSP：Quiet Supersonic Platform）」プロジェクトが生み出された。このプロジェクトはDARPAの所管（予算）事業であるが、NASAによってマネージメントされる。技術的な目標は、マッハ2.0～2.4の巡航速度の航空機を開発することである。開発目標値は、ソニック・ブームの超過圧は1平方フィート（psf）あたり0.3ポンド未満の上昇、最大総離陸重量は10万ポンド（乗客と貨物の最大積載量ペイロード20%分を含む）、無給油飛行距離6000海里である。

比較のための数値を示すと、コンコルドはマッハ2において約2psfの超過圧（この数値は受け入れられないものである）、通常のF-5戦闘機はマッハ1.4において約1.2psfの過超圧を引き起こす。元々は、これらの目標値は商用の航空機向けのものであった。しかしDARPAはデュアル・ユーズプログラム（民軍両用の意）として開発することを決定した。これにより、軍が効率的で、重ペイロード（積載荷重量）、長距離用の超音速爆撃機の製造することを認めることになるかもしれない。

2000年11月、DARPAは、フェイズ1のシステム・インテグレーション研究として、ノースロップ・グラマン社（NG社）と2.5百万ドル提供の契約を結んだ。DARPAは、可変サイクルエンジンに着目し、QSPエンジン開発の契約先としてゼネラル・エレクトリック社（GE社）を選定した。2002年9月、NG社は、長距離の軍事攻撃向けおよび市民向けのビジネスジェット機のバリエーションを含んでいる設計図を提示した。なお、最初のQSP契約は2000年10月に、NG社、マクドネルダグラス社（MD社）、ロッキードマーチン社（LM社）とで結ばれた。フェイズ2の研究と試験は2.5百万ドルの契約で、2002年にLM社とNG社とに交わされた。

<sup>3</sup> マッハ：航空機やロケットの飛行速度を表す単位。マッハ1は音速（約1200km/h）に等しい飛行速度。最大速度がマッハ1よりも速い飛行機を超音速機という。

### 3. 低ソニック・ブーム設計手法飛行実証(SSBD)プログラム

低ソニック・ブーム設計手法飛行実証(SSBD : Shaped Sonic Boom Demonstration)プログラムは、7百万ドルのプロジェクトで、NG社、DARPA、NASA ラングレー研究センターおよびディルドン航空研究センター間で契約が結ばれた。

2003年8月、NGチームはNASAのディルドン航空研究センター(カリフォルニア州エドワード空軍基地)でデモンストレーション飛行を行った。改良されたノースロップ F-5E 戦闘機によるソニック・ブームの強度は、航空機の形状、特に先端部の形状を変更することにより減少できた。NGチームには、NG統合システム社(カリフォルニア州エルセングロ)、ワイル研究所社(〃)、イーグル・アエロノウト社(バージニア州ハンプトン)が加わっていた。LM社は効果をモニターするための地上設置のセンサーを、ボーイング社はF-5Eのテストフライトを空中でモニターするためのT-38追撃機を提供した。

航空機の形状改良によるソニック・ブームの最小化の考え方は、元々は1960年代にコーネル大学のシーバス教授とジョージ教授によって提唱されたものだが、これまでに実証されることがなかった。ワイアット研究所は、PCBoom4と呼ばれる、特別なコンピュータプログラムを開発した。これは、空軍が資金援助を行ったもので、形状改良によるソニック・ブームの最小化のコンセプトを実証するために設計されたものである。ワイル研究所は全米に13の主なオフィスを持ち、1500人の従事者がライフサイエンスサービス、テクニカルサポートサービス、航空および商用テストサービスといった幅広い業務を行っている。

NG社、ボーイング社、ロッキード社は、コンピュータ流体力学を用いて、それぞれ別々に、新しい形状デザインのテストを行った。それぞれの結果については、微妙に異なり、かつ食い違った結果が得られている。算出結果を検討した結果、NG社のデザインが最もありそうな代表的な結果であるとの判断が下された。そして試作品(プロトタイプ)モデルが作られ、風洞試験が行われた後、デモンストレーション飛行が行われた。海軍が提供したF-5E戦闘機を改造し、飛行が行われた。ソニック・ブームの測定値は比較され、超過圧力は改造機が3分の1に減少した。

低ソニック・ブームと低い抵抗力の両者を達成するためには、形状改造のみで十分かについて、専門家達により議論が行われた。ワイル研究所は、形状を変化させることにより、ソニック・ブームを減少させることはできるが、抵抗力は増加すると主張した。LM社チームは、適正な設計を行えば、低ソニック・ブームと低い抵抗力を達成できると主張している。また、他の諸技術 - 新型エンジンや先進的材料を含む - は、重量を減らすために必要であろう。

全く新たにデモンストレーション用航空機を設計・製造すると数億ドルの費用がかかるため、本プロジェクトのプログラム・マネージャーは、航空機の先端の形状に加えて、吸気口(inlet)とリフトサーフェス(lift surface)<sup>4</sup>を含む既存の航空機の改造に目を向けることを決定した。

<sup>4</sup> 機体の下を空気が通り抜けることで、機体が上昇するのを助ける「surface」を意味する。

機体の底面の全体の表面、例えば翼、機体、水平尾翼や垂直尾翼を含む後部の構造(テイル)などそれぞれが独自に動くパーツなどを含めた裏面を意味する。

#### 4. 超音速ビジネスジェット機の研究開発状況

##### スーパー10 同盟

ボーイング社、カサナ社、ガルフストリーム社、LM 社、NG 社、レイソン社、GE 社、プラット&ホイットニー社、アリソン社、ネットジェット社(ビジネスジェット機のメーカー)をメンバーとして、スーパー10 同盟(Super10 Alliance)が結成されている。この同盟の目標は「10 年以内に国土上空を、静かで、安全で、利益が上がり、かつ環境にも安全な超音速飛行を行うこと」である。2004 年 10 月に、この同盟は NASA に対して予備的なプレゼンテーションを行った。そこでは、漸増的なアプローチを取り、トータルコスト十億ドルでデモンストレーション用航空機の製造を行うことの提案を行っている。また、全く新たな機体を作るという 150 百万ドルプログラムの新たな提案が、現在検討されている。

##### ビークル・システム・プログラムでの新たな動き

2005 年 7 月に NASA のビークル・システム・プログラム(Vehicle Systems Program)において、新たなソニック・ブーム低減デモンストレーション・プロジェクトが開始した。アメリカン技術同盟(AmTech)に助成金が提供される。この同盟は、共同プロジェクトの促進と管理を専門とする非営利組織である。

4 つのチームによって行われる研究に対して、それぞれ約百万ドルの資金提供が行われる。5 ヶ月間で、デモ用航空機の開発の実現可能性を調査が行われる。それには、既存の航空機を改良するか、全く新たなコンセプトデザインを行うかが含まれている。また、航空機の外観を描くコンセプトデザイン、スケジュールの提案、概算費用見積もりも含まれている。

参加企業は以下の通りである。

- ・ボーイング・プラットホーム・ワーク社(カリフォルニア州ロングビーチ)
- ・レイソン・エアクラフト社(カンザス州ウィチタ)
- ・ノースロップ・グラマン社(カリフォルニア州エルエルセグンド)、ガルフストリーム・エアロスペース社(ジョージア州サバンナ、ゼネラル・ダイナミック社の子会社)を含む
- ・ロッキード・マーチン・アドバンスド・デベロップ・プロジェクト社(カリフォルニア州パームデール)、カスナエアクラフト社(カンザス州ウィチタ)

アリソン・アドバンスド・デベロップメント社(インディアナ州インディアナポリス。ロールス・ロイス社の子会社)、GE トランスポートーション社(オハイオ州シンシナティ)プラット&ホイットニー社(コネチカット州ハートフォード)が、エンジンに関連するデータの提供に対して資金提供を受けている。

##### 超音速アコスティック・シグナチュア・シミュレータ

ガルフスチーム社はモバイルのオーディオブースである超音速アコスティック・シグナチュア・シミュレータ(SASSII)を開発した。これは、ソニック・ブームの違いをデモンストレーションするために全米中を移動するものである。このデモンストレー

ションでは、マッハ 1.8 での飛行時に、地上で通常のソニック・ブームを聞く人と、ソニック・ブームを低減するために改造された航空機からのソニック・ブームを聞く人との違いをデモンストレーションするものである。改造は、ガルフストリーム社が特許を持つスパイク・デザイン(spike design)によって行われるものであり、この改造により、音(ソニック・ブーム)は、かすかに感知できるレベルの1万分の1の音に減じられる。

しかし、NASA は2005年8月末にこのチームに対し、デモンストレーション用航空機に対する資金は提供できないことを告げた。なぜなら、このソニック・ブーム低減プロジェクトチームが考えていたコンセプトのほとんどは、新たなコンセプトの航空機についてであったからである。このチームは現在、NASA が幾ばくかの予算を付けることを期待して、既存の航空機の改造に基づくコンセプトに関する新しい提案書を作成中である。

### アエリオン社の計画

アエリオン社(ネバダ州リノ)は2005年11月に、2011年までに超音速ビジネスジェット機(SSBJ)を導入する同社の計画はスケジュール通り進行していると述べている。この企業の航空機デザインはかなり伝統的なものであり、ノンスイプトウイング(直線翼)<sup>5</sup>を持ち、伝統的な素材を用い、現行のプラット&ホイットニー社のエンジンを用いている。コンピュータモデルと風洞研究結果では、地上で感知できるソニック・ブームを発生させずにマッハ 1.1 での巡航が可能であることを示している。なお、最高速度はマッハ 1.6 である。

アエリオン社は億万長者(ピリオネア)である投資家ロバート・ベス氏から資金提供を受けて、12~14億ドルの投資予定でジェット機を開発している。このジェット機は8~12人乗りで1機あたりの費用は8千万ドルである。このような航空機を今後10年間で300機販売することを期待している。ネットジェット社出身の副社長がアエロビジョン社の製品検査取締役の地位にいる。

### スーパーソニック・アエロスペース・インターナショナル(SAI)社の取り組み

スーパーソニック・アエロスペース・インターナショナル(SAI)社もまた、新たなデザインの超音速ビジネスジェット機を発表する意向があることについて、同様な発表を行っている。SAI社は、過去4年間、ロッキード社と共同で静寂な超音速輸送(QSST)に取り組んできており、そのプロジェクトコストは25~30億ドルを予定している。SAI社はまた今後10~15年間で300~400機の市場を期待していると述べている。

## 5. 今後の見通し

最後に、最近の情勢についてだが、現行行われているNASAのプログラムについては、懐疑的な状況になっている。長年、NASAはDOD(国防総省)とともに、本プログラムに資金を投下し、プロジェクトが巨大化する傾向にあったが、この政府プログラム全体に疑問が投げかけられ始めている。そのため、最終提案書に対して政府がど

<sup>5</sup> Non-swept wingとは通常の直線翼。ジェット機の多くは後退翼を有する。垂直の位置から後ろにさがった位置に動かすことで、形状を変えるジェット機もある。

のように対応するか、今後、実際に資金が使われるかを注意しなければならないであろう。2006年の早期に、プログラムの提案書の評価が行われるため、そのようなプログラムが前進するか、完全にストップするかが明らかになるだろう。

一方、小型の超音速ビジネスジェット機の研究は継続されそうである。なぜなら、多くのエンジニアは低ソニック・ブーム技術は、小型航空機での達成が容易であると信じているためであり、企業バイヤーは速度上の小さな増加に対しても資金を使う意思があるためである。ただし、超音速の飛行で節約できる時間は飛行時間全体の約20%に過ぎない。すなわち、米国本土を東西に横断する飛行で1時間程度の時間短縮である。

以 上

翻 訳 ・ 編 集 : N E D O 情 報 ・ シ ス テ ム 部

( 出 典 : S R I C o n s u l t i n g B u s i n e s s I n t e l l i g e n c e E x p l o r e r P r o g r a m )