

## SSTの就航条件とその可能性

野田親則\*

米国の航空技術活性化政策に刺激されて、欧米日で次世代SSTを開発する関心が高まってきた。これは環太平洋圏に適する航続性能を備え、環境保全の要件に適合し、亜音速広胴機の後継機となり得る経済性をもち、既存のインフラストラクチャーのもとで在来機と共存できる。昨年末英仏独の機体メーカー5社が共同研究グループをつくり、米国エンジンメーカー2社が共同で実行性検討を行うことを合意した。国際協同開発に発展するよう望む。

### Second Generation SST, Requirements and Feasibility

Chikanori NODA\*

The 1985 policy document "National Aeronautical R&D Goals" by OSTP of White House stimulated effectively the interests of the second generation SST program in US, Europe and Japan. The new SST will have long range capability for the Pacific Rim dimension, be environmentally acceptable, compatible with the existing infrastructures, and hopefully economical to replace the long range subsonic transport aircraft. Five leading manufacturers of the long-range large transports in US and Europe have started joint studies of SST program and GE and PWA also agreed to perform jointly the feasibility studies of the powerplants of SST. The tendency may well develop into an international joint development program for the next generation of SST.

#### 1. はじめに

SSTの開発を英仏ソ米が競って始めたのは1960年代の初頭のことであった。707やDC 8が世に出て数年過ぎた頃である。英仏のコンコルド型は1962年末から協同開発に入って、1976年はじめから商業運航に入った。現在ではAF、BA両社とも不採算路線を逐次整理して、定期便は欧州JFK線だけを運営している。製作は試作機2、生産先行機2、生産機16、計20機である。生産が僅か16機に過ぎないのは、完成時期のおくれ、その他購入契約締結の諸条件が成立しなかったこと、とくに1973～74年の第1次燃料危機によって燃料単価が数倍に急騰したことが決定的な打撃となって予約取消しが行われ、AFとBAの分だけで生産が打ち切りとなったことによる。

コンコルドの組立ラインは英仏に重複して設けられ、エンジンの生産も英仏両方で行われた。生産終

了後も設備は両国に保存され、特殊な開発施設も両国に分けて保存されていた。

しかしこのような状態の維持は財政的負担が大きいで近年次第に整理されて来た。近年コンコルドに興味を示す運航会社が現れたが、時すでに遅く、生産再開はできなかった。

ソ連のTu-144型機は初飛行をコンコルドに先立って行ったが、かなり大規模な設計変更があって、実用試験的な貨物便の運航に入った。その後旅客便開始の報もあったが消息は絶えて、完全な実用化に達したのか疑わしい。近年人工衛星に搭載する機器の高々度飛行試験にTu-144を利用したとの報道があり、若干の飛行可能機が残っているらしい。

米国のSSTはケネディ大統領の政策によって1963年夏に号令が発せられた。まもなく跡を継いだジョンソン大統領の代に、競争の段階を終えて、1967年はじめから開発の第3期(試作機2機、飛行100時間まで)に入った。第3期に勝ち残った案はボーイング社の可変後退翼の2707-200で、重量過大の不利を解決できず、試作機の設計の確定を1年延期して、

\* 日本航空(株)常勤顧問  
Advisor, Japan Airlines  
原稿受理 1991年1月17日

根本的に再検討となった。結局1968年終り頃になって固定2重デルタ翼、水平尾翼つきの2707-300型を試作機案と決めた。この頃大統領選挙があって、共和党的ニクソンが勝ち、1969年1月に就任した。SST計画は新政府の政策の一環としてホワイトハウスの検討が重ねられ、9月下旬によくニクソンによって計画推進の断が下された。試作機2機のためのFY70予算9,600万ドルと、第3期全体(1974年まで)の予算6億6,200万ドルを議会に要請した。続く議会の公聴会ではSSTの経済性と環境への影響の議論が注目された。結局運輸省のFY70予算は、SST関係を含んで1969年11月に成立した。

明1970年は「環境の年」と呼ばれた。年頭に学術団体の環境シンポジウム40回が行われ、大統領の年頭教書と2月の特別教書で環境が説かれ、4月22日の第1回「地球の日」行事には国会議員500名を含む2,000万人の国民の参加があり、EPA(環境庁)が設置され、ベトナム戦線では枯葉剤の使用が中止される、等々があった。とくに活動家達が議員の票決の実績を調べて、環境問題の理解に問題ありと烙印を押した国会議員12人のうち、7名が11月の選挙戦で落選したことは、その後の議員の挙動に少なからず影響を与えた。将来多数のSSTが成層圏を飛ぶようになると、環境に与える影響は検討する必要があるとされたが、この評価の基礎となる科学的知見が不十分であることが明らかとなり、H. M. Jackson上院議員の提案になる法案が1970年夏に成立して、運輸省は科学プログラムを組織し、得られた知見を1974年末までに議会に報告するよう指示を受けた。この科学プログラムをCIAP(Climatic Impact Assessment Program)と称する。

FY1971SST予算はこのような雰囲気の中かで難行し、下院は通過したが上院で否決となり、両院協議会で2億9,000万ドルの原案は2億1,000万ドルに減額妥協が図られ、1971年3月までの支出が認められた。

1971年4月以降の予算は一層紛糾した。まず下院で僅差で否決、上院で挽回するため、大統領は議会工作をつくしたが、票決は同じく僅差で否決となり、計画続行は不可能となった。こうして1971年3月末に計画の中止と清算業務の命令が出された。このとき第3期の作業は、試作1号機の製作進度は、15%で5ヵ月後に総組立が開始される所であった。清算は3週間という短期間で行く指令が出され部品や治具などは埋立地に投棄された。

米国のSST計画が挫折した理由は、限られた財源のもとでの予算の優先順位であったと思われる。議会での討論ではSSTの経済性の疑問と、成層圏の環境を損う懸念がとくに目立った項目であった。前者はSST計画は採算がとれないから政府の計画で開発するのだという攻撃と、米国の伝統的な航空機工業の優位を保持して貿易収支に貢献するという反論の対立であり、後者は不完全な科学的知見のために勝負のつけられない論点であった。運輸省がCIAPを組織して科学的知見を集めることになったのは、極めて妥当な結論であったように思う。SST計画を中止して清算のために要した支出は、試作機を完成して試験をするに要する費用と大差ないということなので、結果論ではあるが計画の第3期まで済ませて中止した方が賢明で、将来のためになったのではないかと、といささか残念である。

## 2. 環境保全の要件—第1 関門

次世代のSSTの設計に入るには、その前に目標とする用途に合うような性能、機能を実現するために必要な基礎技術を開発する必要がある。つまり空気力学、推進機関、材料、構造、システムなどの分野で必要とする技術項目を選別して、開発し、設計に應用できる程度に完成しておかねばならない。目標が高いほど技術開発のコストは大きく期間も長い。その技術を應用して、SSTを設計、製作、試験、そして実用化へ進む。

技術開発のコストがむだにならないために、まずSSTは環境保全の要件に合格できるかどうか見通しをつけることが望ましい。SSTにとっての重要な要件は、

- (1) エンジンの排気が大気中(成層圏および対流圏)の微量成分に大きな打撃を与えないこと。
  - (2) 居住地区の上空で超音速巡航が許される程度にまでソニック・ブームを弱めることが望ましいこと。
  - (3) 空港騒音は亜音速輸送機に適用する規則に合格すること(シカゴ条約付属書16, Vol. I, Chapter 3)。
  - (4) 規定化されていないが、温室効果ガスの排出量が亜音速輸送機に比べて著しく増加しないこと。
- の4点である。

### 2-1 エンジンの排気

第1世代SSTが開発に入る前のIATA SSTシンポジウム(1961年4月)でも、つづいてIATAが作った「SSTの重要な設計目標」(1962年7月、俗に「10戒」)でも、ここで取り上げる意味の問題は認識され

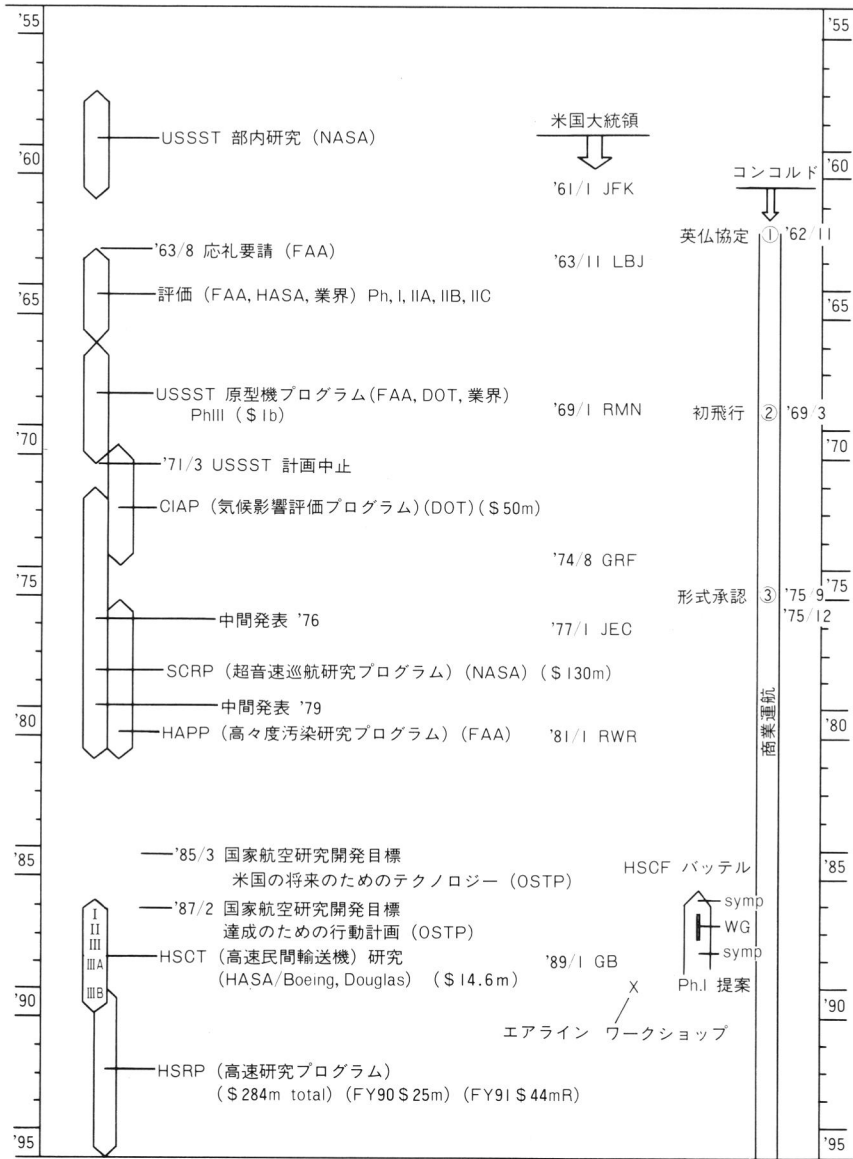


Fig. 1 SSTマイルストーン

ていなかった。排気の見に見える黒煙、CO、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>などが空港周辺や低空を汚染する問題は規制され、必要な改善は行われていた。1969年頃には、「地球的規模の環境悪化を招くおそれのある人間活動」のリストのなかに、500機程度のSST大フリートの成層圏内飛行が挙げられており、米国議会の討論でもしばしば引用された。

その結果、すでに述べたようにCIAPが組織された。その活動には運輸省のほかにも9省庁、外国の7機関が参加し、内外の大学や研究機関から約1,000名にのぼる専門家の努力を結集した。実質3年間のプ

ログラムで、結論にまで達し得なかった項目もあったが、気球、人工衛星、WB-57機、コンコルドなどによる観測が行われ、大気モデルの改良に貢献し、予測に利用できるモデルが開発された。

CIAPの結果、SSTに起因する潜在的な危険と判定された連鎖は、紫外線連鎖と気候の連鎖の2種だけで、その他に重大なものはないと結論された。

紫外線連鎖は排気のなかのNO<sub>x</sub>が成層圏の特定高度に滞留して、触媒として大気内のオゾンを減らし、地表に達する紫外線が増加し、生物学的影響を起こすことを意味する。

気候の連鎖のおもなものは燃料に含む硫黄が燃焼してできるSO<sub>2</sub>で、ほかにH<sub>2</sub>OとNO<sub>x</sub>もより少ない程度で、温度、風、降雨などの気候要素に影響する。SO<sub>2</sub>はまず酸化されて、次に水蒸気と反応して硫酸の固体粒子となる。粒子が成長して1μm以上の大きくなり、成層圏内に懸濁して、高度によっては3年間位滞留する。粒子は太陽入射光を遮り、地表温度を下げる効果となる。同時に地表から反射して宇宙空間に逃げる放射を遮り、地表温度を上げる効果をもつ。両者は3:1の比で冷却効果が勝つので、総合的には冷却作用となる。オゾンに対する影響を少なくするためにはエンジンのNO<sub>x</sub>排出指数EI (g/kg燃料)を減らすことが必要である。コンコルドのエンジンの巡航時NO<sub>2</sub>EIが18であるのに対して、燃焼技術の工夫によって約3に下げられるとされた(GEとロールスロイス)。また実験室の条件では0.3~0.1に下げる可能性があると言われた。気候連鎖に関係ある硫黄の含量は民間用燃料規格では許容限度が0.3%重量となっている。CIAPが米国のJetA製品64種を分析調査したところ0.01~0.18%の範囲で、平均値は0.045%重量であった。燃料のS含量を0.05%とすれば、SO<sub>2</sub>EIは1 (g/kg)となる。

CIAPが1974年末に終了すると、航空関連ではFAAがHAPP (High Altitude Pollution Program)で、大気科学の分野ではNASAのUARP (Upper Atmosphere Research Program)がCIAPの延長に相当する研究を引き継いだ。

UARPは対流圏界面から、成層圏、中間圏、そして熱圏の下層までを研究の対象とし、当面の重点は成層圏に置いた。世界のSSTの生産はコンコルドとTu-144を併せて30機にすぎず、SSTの影響は現実の問題ではないのに対して、工業製品のCFC (塩化弗化炭素)が増産され、各種の用途に使用されて、結局は大気中に放出、オゾン層に影響することの方が現実の問題として重視されて、研究は続けられた。

オゾン層の将来を推定する手段は大気の数値モデルである。モデルは大気の成分相互の化学反応、太陽放射による光化学反応、および大気の運動(輸送)を考える。最も簡単な種類は1-Dモデルで高度を変数として考える。2-Dモデルは高度と緯度を変数にとる。最も複雑なものは3-Dモデルで高度、緯度、経度を変数にとる。現在3-Dモデルは未完成で、実用の域に達するのに少なくとも3年を要する。現在の世界水準は2-Dのうち、化学反応と気温とを未知数として連立的に解き、大気運動は与えられ

たものを使用している。2-Dモデルで、化学反応、気温、大気運動のすべてを未知数として連立的に解くものは現存していない。成層圏でオゾンが生成するのは、酸素分子が紫外線の照射を受ける光化学反応による。また成層圏でオゾンが消滅する反応はClO<sub>x</sub> (x=0, 1)、NO<sub>x</sub> (x=1, 2)、HO<sub>x</sub> (x=0, 1, 2)などが触媒として働きオゾンを変えて酸素に変える反応である。

ClO<sub>x</sub>の起原は主として人為的なCFCで、ほかに自然の起原もある。ClO<sub>x</sub>の消滅はClがCH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>、HO<sub>x</sub>などと反応してHCl(塩酸)となり、対流圏に拡散して、降雨によって除去されることによる。NO<sub>x</sub>の起原はSSTのエンジン内の燃焼と、土壌からのN<sub>2</sub>Oの発生などである。消滅はNO<sub>2</sub>とOHが反応して、HNO<sub>3</sub>(硝酸)となり、対流圏に拡散して降雨によって除去されることによる。NO<sub>x</sub>は対流圏内では光化学スモッグ反応によってオゾン生成に働く。HO<sub>x</sub>の起原は水蒸気で、エンジン排気の主成分であり、自然の大気にも多量に存在する。

このようにClO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、HO<sub>x</sub>は相互に反応して消滅したり、一時的貯蔵の状態になったりするから、排気のNO<sub>x</sub>がオゾンに与える影響は、ClO<sub>x</sub>やHO<sub>x</sub>の存在如何によって左右される。大気モデルの水準は1970年代はじめ以来改良を重ねて来たから充分利用に耐える状態にある。どの程度のオゾンの減少が許容できるかが決まれば、エンジンのNO<sub>x</sub>EI次第で許容機数が決まることになる。

このような規則設定に関することは大気関係の科学者以外に、航空当局、環境庁などが参画し、なお国際的なコンセンサスのもとに進められるべきである。

オゾン減少の許容限度が公式に検討されたかどうか承知していないが、非公式な意見としてはオゾン総量の1~2%減は許容されるが5%減は許容されるかどうか疑問という人もある。

地表から高空までのオゾン総量について言えば、典型的な日をとると地球上の地点によって、300%の開きがあり、例えば米国の南部と中部で30%の開きがある。さらに地球上の分布は日毎、月毎に変化し、1つの地点に関して言えば日々の変化と週間ごとの変化は25%、年間平均値は年により10%程度の変化がある。

このように変化のはげしい自然の背景の上で人為的な変化量を抽出するという難しさがある。過去10年間の日々の観測を地球全体について、人工衛星、航空機、気球、地上観測所で行ったデータが大が

りな統計処理を施して、世界全体の平均値で変化の認識可能な限度は0.5%と計算される。そしてモデルによる減少量が0.5%以下ならば許容されるとする考え方がある。とにかく許容量を決めることは将来の仕事である。

## 2-2 ソニック・ブーム

超音速飛行の経路に沿った地表にはソニック・ブームと称する一過性の衝撃音が達する。その音圧は時間軸に関してN字型の波形となる。耳に感ずる強さは波形のピークの高さや、ピークに達する時間などの関数で、それらは飛行高度、飛行重量、進行方向に直角な平面で切った機体の断面積の前後方向の分布などの関数になる。

SSTは上昇経路の途中で音速を超え、その後からブームが発生する。超音速で加速しながら巡航高度に達する。超音速に加速するときの高度は巡航高度より低いから、加速時のブームは巡航高度に達した後のブームより強い。巡航中は重量の減少に伴って高度を上げて行くから、重量と高度の効果が累加してブームは弱まる。ソニック・ブームの強さは例えば2.0/1.5psf (ポンド/ft<sup>2</sup>) などと表わされるが、大きい数値は加速時、小さい方は巡航時のブームの音圧を意味する。

居住地区の上空で超音速飛行が許されるかどうかは意見の分かれる事柄で、コンコルドの運航者は最も悲観的である。米国内ではSR71やその他の軍用機、また局地的にはスペースシャトルの再突入の際など、ソニック・ブームが地表に達する場合がある。そのような経験から1.0psf程度以下は支障がないとの意見もあるが、規則制定に関連して論議されたかどうか不明である。とくに暗騒音のレベルが高い都市内では1.0psfのブームは認識困難との説もある。仮に1.0psfが許容されるとしても、現実のSSTでそのように低い値にすることは容易ではない。

以上の事情からソニック・ブームの規制として考えられるケースには以下のようなものがある。

①陸地上空は超音飛行が禁止される。この場合陸上通過を亜音速で行うか、陸上を避ける迂回コースを超音速で飛行するか、の選択となる。

②ソニック・ブームの強さに許容限度を設けて、それ以下なら超音速で陸地上空の飛行を許す。この場合、海上用の巡航M数より低いM数、例えばM1.5で陸地上空を飛ぶ案なども検討されている。

③陸地上空通過用のコリドールを設定して、そのなかで超音速飛行を許す。現在のFAR91-55はソニ

ック・ブームが陸上に及ぶ飛行を禁止している。この制定の経緯を見ると、1970年頃SSTの予算案の審議の際に、ソニック・ブームの懸念が反対論の材料となっていたときに、ニクソン大統領が陸地上空での超音速飛行を禁止する規則を制定する約束をしたことに端を発している。規則が発効したのは1973年頃で、すでに米国のSSTは開発中止となっており、米国として競争手段を持たないコンコルドに対して、規則の制約を加えたものと見られている。SSTのソニック・ブーム規則は建造物などに損害を与えるほどの音を問題にしているのではなく、特殊の音に対する不快感を対象としている。主観的要素に立脚した規則は制定が難しいと思うが、現在の規則が十分な検討の上で、合理的に定められたとは認め難い。次世代SSTの登場前に十分な討議と国際的合意のもとに、新たに規則を作ることを望みたい。ソニック・ブームはSSTの出現を否定するほど強い条件ではないけれども、陸地上空の超音速飛行が禁止されるならば、SSTを使用できる路線が減るか、もしくは陸地上空を亜音速で通過することのために経済上の不利を蒙るなどの影響がある。

## 2-3 空港騒音

超音速機用のエンジンでは、その排気ジェットの色度が、巡航速度に対応して高速である必要がある。離着陸の際にもこのジェット速度が維持されているならば、エンジン騒音の成分のうちで、ジェット騒音が卓越して、通常の消音の方法では規制値以内に納めることができない。

考えられている対策は離着陸時に流量を増してジェット速度を下げることである。可変バイパス比または可変サイクル・エンジン(VCE)と称する。VCEは騒音を下げるだけでなく、低速での効率を高める効果もあるから、予備燃料の減少や、亜音速での燃料消費の減少にも有効である。現行の騒音規定はコンコルド型機の開発が進んでから制定されたので、最初に耐空証明を取得した機体での実測値を許容最大値として認める形となっている。コンコルド型でない新しいSSTに適用される基準は未制定であるが、FAR36では近年の第2世代SSTの動きに応じて、新しいSST用の騒音基準を検討しており、1990年5月に官報で規則案が公示された。現在最終決定の段階になっている。この案では、SSTは亜音速輸送機と同じ扱いになり、FAR36 Stage 3の騒音限界が適用される。空港周辺の騒音を受ける人々の身になれば、理に合うもので、運航者の主張するところ

ろでもある。Stage 3の規則に合格することはかなりの挑戦と思われるが、VCEにその他各種の消音技術を組み合わせることによって、できるだけ少ない代償で解決することを望みたい。

#### 2-4 温室効果

CO<sub>2</sub>が温室効果ガスの主体であったが、近年各種の微量成分の合計がCO<sub>2</sub>の温室効果を凌ぐ程になってきた。エンジンの排気の成分ではCO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O(成層圏)、NO<sub>x</sub>(対流圏)が作る対流圏のオゾンなどが温室効果ガスである。CO<sub>2</sub>の排出を問題にすることは、すなわち燃料消費そのものを問題にするのと同義である。この意味で燃料/ATK(有効トン・km)または燃料/ASK(有効座席km)がCO<sub>2</sub>排出指数となる。このような指数は運航費の要素として扱われているが、温室効果ガスCO<sub>2</sub>の排出指数としての意味が加わる。当面の基準は亜音速長距離輸送機の値をとるのが適当だろう。

### 3. SSTの市場は十分か

コンコルド型機は13~14機がAF、BA社によって欧州JFK線だけに運航しており、ファースト・クラスの20~26%増の運賃のもとに、特殊の常顧客層によって採算性を維持している。当然稼働率は低いが、後継の機種が生まれるまで、この路線を維持できるよう温存を図っているという。次世代のSST開発には巨額を要するから、それを負担する十分な製造機数に見合う需要が期待できるだろうか。

- (1) まず近年には亜音速機の航続性能が向上して、直航の長距離路線が普及している。旅行時間の短縮効果はあるが、肉体的負担も増しているので、高速機を望む声が高まっている。
- (2) 21世紀初頭までの航空輸送の需要予測によれば、環太平洋地域、欧亚路線の成長率は他の地区に比べてより高い。2010年頃にはこの地域の交通量(RPK)は大西洋地域と同等になる。全世界を見ると、長距離路線、すなわちSSTの潜在的市場、の比率は現在より高まる。以上のようにSSTの市場にとっての好条件はあるが、SSTが占有できる市場は次の条件によって左右される。
- (3) SSTは亜音速長距離機の航続性能に匹敵できるか。もしも劣るならばその分の市場は獲得できない。
- (4) 運航費において亜音速機と競争できるか。速度を度外視して同運賃が可能なら、明らかにSSTが有利であり、時間価値を考えればSST運賃が若干高く

て、両者が均衡する。

- (5) SSTによる需要喚起があれば、その分SSTの占有率が高まる。以上の諸条件を数量化した米欧日のメーカーなどによる数種の需要予測では、21世紀初頭で数百機程度の十分な需要であるが、当面は複数機種を吸収できるほどではない、というのが多数の結論である。

### 4. 既存のインフラに対する適合性

IATAの「10戒」で要求したのと同様に、次世代のSSTはそれが実用化される時期において、同時代の亜音速輸送機と共に、同一運航環境のなかで共存できなければならない。すなわち、超音速機専用のスーパーハブ空港で、独特の支援を受けて運航するというものでは、社会にとって十分有用なものになり得ない。

かつてピストン機からジェット機への変革の際にジェット機の特性的故に全世界の空港が一斉に大規模な改造を要したことは、航空界の苦い教訓として銘記されている。現在では空港の滑走路増設、延長すら容易ではない。まして新空港などは不可能と言えるくらいに困難である。必要条件は「滑走路長と舗装強度の要求は亜音速輸送機が必要とする値を超えないこと」となる。

また空港に接続する空域のなかで、亜音速機の流動に融合できることも必要で、そのために「空港近傍での飛行特性、たとえば低速飛行、降下経路角、空中待機のパターンなどに関して亜音速機と同様な扱いを受けても大きな不利が生じない」ことを要する。

SSTの巡航は16~20km程度の高度で成層圏内で行われるから、空間の交通容量を拡大することとなり、巡航速度の相違があっても、不都合は起きない。超音速機は翼幅はせまいが、胴体は長くなるから、誘導路の曲がりのフィレットや、前脚より前方にある操縦者のためのターン誘導線などは修正を要するだろう。

巡航M数が2.5位なら亜音速機用の燃料と同じ品種でよいがM3に近くなると、温度安定性の高い品種となる可能性もあり、別個の貯油施設を要するだろう。これは対処可能である。M5級となると液化メタン、液化水素などを使うことになると、関連施設は重大な影響のある事項となる。

### 5. テクノロジー

#### 5-1 必要技術の開発

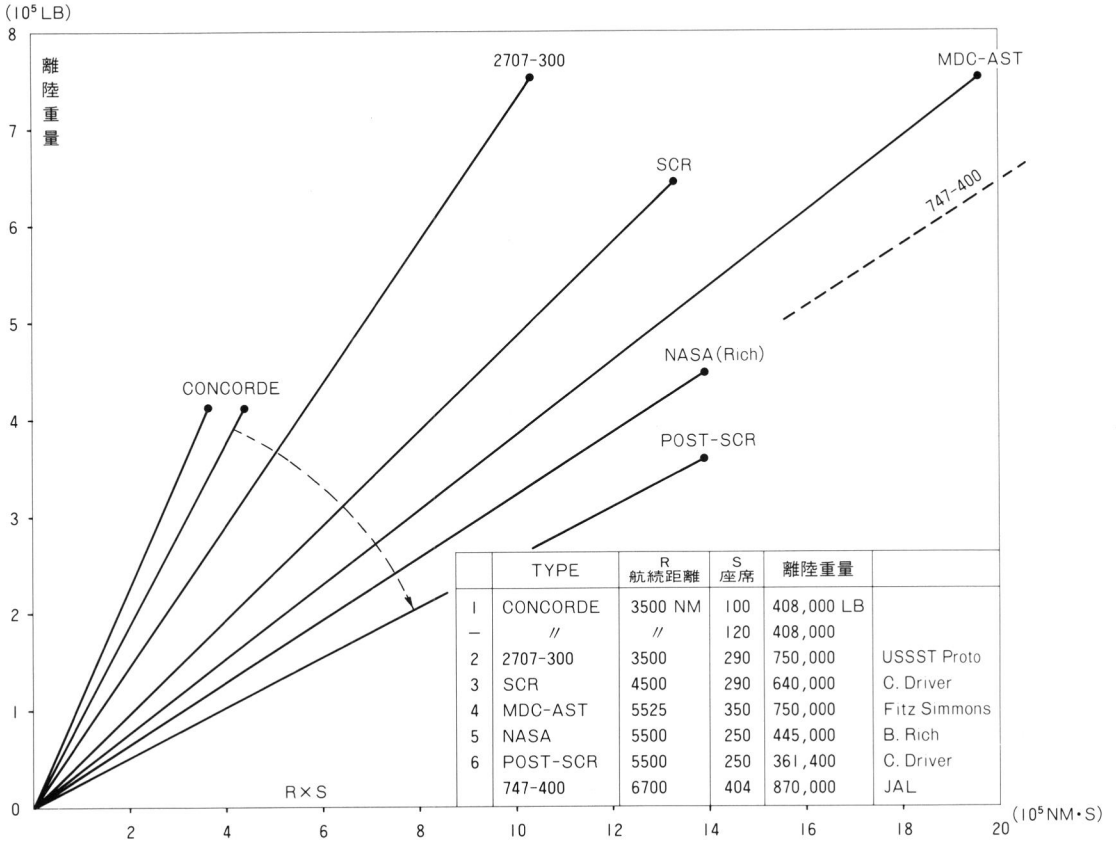


Fig.2 SST概念設計案

環境上の条件を満たすことができる見通しを得たならば、機種設計のための技術の開発に進むこととなる。

SSTにとって推進システムは特に重要であるから、設計に入るまでにできるだけ実用に近いデモンストレータ級のエンジンを運転して、性能などの確認を済ませておくことが、設計に入ってからリスクを回避するために極めて望ましいとされる。

この種の重要技術の開発は米国ではNASAのような機関で負うところが多い。米国大統領府から出された航空研究開発政策は、技術開発に力を入れて、航空機工業が優位を挽回して維持できるようにする、という点を強調している。NASAは米国の工業界を支援するのであって、SSTの設計を国際共同開発で行うかどうかは工業界が決めることだという。また技術の開発を国際共同開発で行うことは、それが米国の利益に合致する場合には有り得るという。

技術開発の重要項目として材料が挙げられる。新

材料が実用化されるまでには長期間を要する。熱可塑性プラスチック、金属マトリックス複合材などが含まれる。空力分野では層流制御、すでに述べたVCEも重点項目に属する。

5-2 テクノロジーの基礎

コンコルドの実飛行の経験はプロトタイプの飛行開始(1969年3月)から現在まで21年強を重ねており、軍用機ではSR71が1962年以来昨年の引退まで長期にわたりM3級の飛行を行った。これらは次世代SSTの開発に当たって参考となることはもちろんである。

基礎研究の分野ではNASAのSCR(Supersonic Cruise Research)プログラムがある。初期にはAST(Advanced Supersonic Technology)やSCAR(Supersonic Cruise Aircraft Research)などの名で呼ばれたこともある。

SCRは米国SSTの開発が中止となった後に1972年半ばから1981年まで続けられた。将来再びSSTの

開発に入るときのためにNASAが行った研究プログラムである。その目標は、①SSTの技術の基盤を拡大すること、②現在および将来のSSTが米国の環境および経済に与える影響を推定するために必要なデータを求めること、③空力的効率、構造と材料、推進システム、安定性操縦性等の進歩を将来のSST案に導入したときに得られる利点と相互のトレードオフを行うこと、である。

SCRの10年の成果は大きく、空力効率は揚抗比10.5以上（コンコルド、USSSTで約7.5）となり、ASK（有効座席km）当たり燃料消費では広胴機の域に達し、コンコルドの38%までに激減した。座席当たり空虚重量はDC-10-30と同等となった。チタンのSPF/DB（superplastic forming/diffusion bonding）などの新しい構造技術が開発されて、重量や製造コストが著しく改善された。VCEのコンポーネントの研究にかなりの予算が投下された。SCRに参加した某メーカーの幹部は、進歩したSSTの到来は必至と感じ、開発のタイミングだけが未知数だと述べた。

SCRで抽出された有効な新技術を、設計者に提供する程度まで完成することを目的として、研究の次段階に進出することを期して6億6,200万ドルの予算要求を1981年に行ったところ不成立に終わった。理由として、財源の不足とエアラインの関心の欠如が挙げられた。SCRはその進行中に1976年と1979年に、中間報告の会議を開催したが、エアライン代表の出席は皆無であった。米国のエアラインは1978年規制緩和法の実施以来の大変革に当面して、次世紀近くに生まれるSSTについて真剣に考慮を払う余裕はなかったと思われる。

NASAはSCRの終了後、部内研究として若干の項

目は継続した。出現が期待される技術を取り込んだSSTの概念設計案は747-400の効率を上まわるものとなっている（Fig. 2）。

### 5-3 次世代SSTの特性

#### 1) 航続距離

目標は6,500NM(12,000km)。かなり高度の目標であって、空力、推進、材料/構造にわたってかなりの進歩を前提として、ようやく実現可能と思われる。

米国の航空研究開発政策（1985）では米国の地点から、環太平洋地域の最遠重要地点へ直航できることを提唱している。コンコルドの時代には北大西洋路線が世界の主要な市場であったから、3,500NM(6,500km)の航続距離は順当な選択であった。次世代のSSTが長距離路線に活躍している超音速機の論理的な後継者となり得るためには、その1条件としてこの程度の航続性能が必要であろう。

最初から6,500NMを目指すのではなく、最初は5,000NMを目標として、将来の改善によって第2段階で6,500NMを達成する計画のメーカーもある。ソニック・ブームの規則の成行によって、航続距離の要求が変化することに注意すべきである。

#### 2) 離着陸

既設空港の滑走路長以内で済むように離着陸性能をきめる。VCEの採用は離着陸にとっても好都合である。

#### 3) 速度

巡航M数の選択は設計の多くの点に影響を及ぼすから慎重に行うべきである。すなわち空力加熱、構造材料、推進システム、燃料品種、燃料タンク、冷却方式、車輪収納、シール剤、等々に影響する。各社の概念設計はM2以下からM3.2位までが検討さ

Table 2 わが国の近況—超音速輸送機開発プロジェクト

1. 開発調査
<ul style="list-style-type: none"> <li>市場、仕様、設計技術、試験開発、環境影響</li> <li>第1期、平1~平3 平1・6400万円、平2・6800万円 これに先立ち 昭62、昭63 に開発動向調査を行う。</li> <li>通産省によりSJAC（日本航空宇宙工業会）IADF（航空機国際共同開発促進基金）に委託。</li> </ul>
2. 推進システム研究開発
<ul style="list-style-type: none"> <li>「大型プロジェクト」制度、技術研究組合（国際化）</li> <li>M0~5、ターボジェット+ラムジェット（コンバインドサイクル）</li> <li>平1~平8、280億円、平2年度・16.21億円</li> </ul>
3. 先進材料研究開発
<ul style="list-style-type: none"> <li>「次世代産業基盤技術研究開発」制度</li> <li>平1~平8、150億円</li> <li>金属間化合物、高融点Nb（Mo）系、高比強度Ti-Al系</li> <li>先進複合材、金属マトリックス、炭素</li> </ul>

注) いずれも国際共同開発への参画を志向している。

Table 1 航空の研究開発目標—米国の将来のためテクノロジー

目標1	超音速領域 次世紀に向けて刷新をはかる。
目標2	超音速領域 長距離、高効率 (環太平洋圏の距離、発展する市場)
目標3	大気圏外への領域 将来のために代替輸送手段を確保する。 (低地球軌道への輸送、大気内の極超音速飛行、米国の優位確保)

注) ホワイトハウス科学技術政策局—OSTP—1985/3。  
この開発目標は米国のみならず諸外国をも大いに刺激した。また、目標3は最も強い刺激となった。



れている。

#### 4) 最大離陸重量

これ自体が目標となる性質のものではない。空力、推進、構造、システム等を総合した優秀さの指標として重要である。一定の座席数と航続距離のもとで、亜音速輸送機の離陸重量を目標とすべきである。

### 6. 国際共同開発

1985年のホワイトハウスの航空研究開発政策で、亜音速、超音速、大気圏外へ、の3目標が示された (Table 1)。亜音速目標は航空機工業がすでに着手していることであり、大気圏外へのカテゴリーでは政策に呼応したプログラムが発足し、急速に展開された。超音速目標については、プログラムは存在していなかったので、米政府や業界内の要請として、次世代SSTの実行性検討にとりかかり、その結果次第で何らかのSST開発プログラムに入ることを推進する希望が強かった。

バットル記念研究所はこのような要請を受けて、メーカー、運航者、財界、政府などの関係者が国際的な対話を持つ場を提供することを手始めとして活動を始めた。1986年と1988年の2回のシンポジウムを行い、その中間の期間には4種の作業部会をそれぞれ数回ずつ運営した。他方バットル社は米欧日の関係者多数に個別の接触を行って、意見の集約に努めた。

以上の結果、関係者の意見は積極的に推進することを支持していると判断して、SST開発全4段階の第1段階として、「評価ならびにプログラムの計画作業」を2年間、1,700万ドルの規模で行う趣旨書を作り、世界のメーカー、エアライン等に対して1988年12月に参加要請を行った。これによると、SSTの市場は2兆5,000億ドルを超える巨大なものであるが、

必要な基礎技術の開発費と、SSTの開発費が巨額にのぼり、リスクの大きいことが障害となる。それを乗り越える方法を立案することが、提案する初期段階の仕事である。バットルの提案は多くの賛成を得たが、米国の有力メーカーが賛成しなかったために実現するに至らなかった。米国メーカーの反対は、提案の業務は本来メーカーが自ら行うべきもので、その多くはメーカーが着手もしくは完了しているし、コストの見積りが過大である、等であった。

1990年5月に米欧の大型長距離輸送機メーカー5社 (ボーイング、ダグラス、アエロスパシアル、ブリティッシュエアロスペース、ドイチェエアバス) がSSTの共同研究グループを作ったことを発表した。当面の1年間に環境上の要件、型式承認の基礎条件、市場性、国際共同の利点などについて共同研究を行い、これまでメーカーが個々に行って来た研究を集大成するという。

エンジンメーカーのGEとPWAは1990年10月に共同研究の合意成立を発表した。M1.5~3.5のSST用エンジンの開発の実行性検討を共同で行うものである。この2社は機体メーカーと密接な連絡を保ちつつSSTの市場に満足し、技術上の障害を克服したならば研究段階から先に進むという。

これらのメーカーの動きは国際共同開発の入口の第1歩を踏み出したもので、これらのグループが順調に発展して行くことを期待したい。わが国の航空工業界もかねて国際共同開発に参加の希望をもちながら、関係先との接触を保って来たから、参加は遠からず実現すると思う。

このような共同開発は運航者の側から見ると、メーカーの無競争という問題を抱えることとなる。しかしSSTの競争相手は亜音速輸送機であって、この競争は極めて手強い挑戦となることが必至である。