

腰高の理由その4

小野塚知二

今回も腰高の飛行機です。本連載第四回、七回、一〇回で扱ったように、一九五〇〜六〇年代のソ連では他国の同級機に比べて腰高の旅客機が次々と開発・生産されました。各設計局の内部文書や政府の指示書、ソ連で航空機開発に絶大な影響力を有した中央流体力学研究所 (TsAGI) の報告書を調べたわけではありませんが、図面を読み、その飛行機の運用環境を考慮するならば、それぞれに合理的な理由があったことがわかりました。第四回冒頭で述べたとおり、飛行機の脚とは短く軽くできるならば、その方が絶対的に有利ですから、わざわざ長い脚にするには相応の理由があったはずなのです。ソ連は社会主義国で民間用航空機の「採算性」という観念がないから「変な飛行機」ができたのだと唱える人もいますが、ソ連の飛行機も他国と同じ原理で飛びますし、「採算性」の欠如が必然的に長い脚に帰結するわけでもありません。今回は、超音速旅客機という一九六〇〜七〇年代の夢を振り返ります。そこにもソ連の特徴は表れています。

超音速飛行
超音速空気力学の基礎はE・マッハが一八八〇年代に開拓しました(第一〇回)。その少し前、一八六〇年代には高性能銃砲の弾丸は、射出直後は超音速で飛ぶようになっていました。第二次大戦直後には有人機での超音速飛行が試みられ、一九四七年にアメリカはXS-1で超音速飛行に成功しましたが、これは自力では離陸できず、B-29に懸架されて高空で切り離してロケットに点火して加速するという実験機でした。一九五〇年代中葉までには米ソ英仏がそれぞれ実用的な超音速戦闘機を多数生み出しました。一九六〇年になると、音速の二倍(マッハ二)で七千km飛べる爆撃機B-58が、さらに、一九六五年にはマッハ三のB-70が、翌六六年にはマッハ三で巡航する偵察機SR-71が、それぞれ開発されました。ソ連でも若干遅れて大型の超音速機が登場しました。超音速機はこうして軍用機先行で進みましたが、一九六〇年代には米ソ英仏の各国で超音速旅客機の構想が現れます。

超音速旅客機の難しさ

音速の二ないし三倍で長距離を飛ぶ技術そのものは一九六〇年代には実用化していました。しかし、それを民間機に転用するには、いくつもの困難がありました。まず何よりも、軍用機とは普段は休んでいて、訓練・出動の際だけ飛ぶので、稼働時間が短いのに対して、民間機は飛んではじめて稼働するので、整備や給油の時間を除くならほとんど稼働しています。したがって整備に手間暇の掛かるのは民間機として失格ですし、燃費が悪いのも落第です。また、B-58、B-70、

SR-71のような特殊な軍用機は飛ばすのに特殊な装置・装備・燃料・飛行場が必要でしたが、超音速とはいえ商用旅客機です。ですから、二千〜三千mの滑走路で運用しなければなりません。

離着陸の苦勞

右に挙げた特殊な軍用機より短い通常の滑走路で運用できるようにするために、Tu-144もコンコルドも二重三角翼を採用しました。単純な三角翼は図1(B-58の平面図)のように、前縁後退角が一定ですが、二重三角翼は翼付け根付近の後退角が大きく、その外側の後退角が小さくなる二段構えの三角翼です(次頁図2)。こうすると離着陸時に主翼が大きな迎え角(飛行経路線と翼弦の角度)を取った際に、主翼付け根付近の前縁下側から上に向けて大量の空気が流れ込み、主翼上面の広い領域に大きな渦ができます。この渦が大迎え角の主翼上面の気流の剥離を防ぎ、大きな揚力を発生させ、単純な三角翼よりも短い距離での離着陸を可能にします。写真1は東ベルリンのシェーネフェルト空港を離陸するTu-144原型機です。翼下面から上面に向かって大量の空気が流れ込み、渦をなしているのが、断熱膨張した水蒸気で可視化されています。

三角翼の初期(一九五〇〜六〇年代)の飛行機は、大推力の機関が得がたく、推力/重量比が小さいことも離陸性能を制約しました。三角翼機は翼付け根の翼弦長が大きいため、

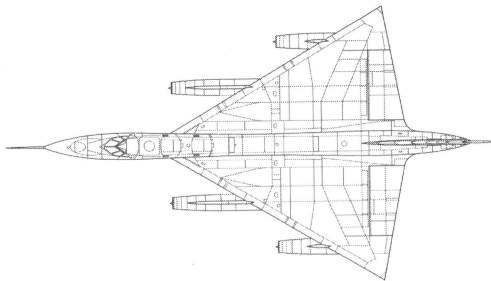


図1 コンヴェアB-58の平面図

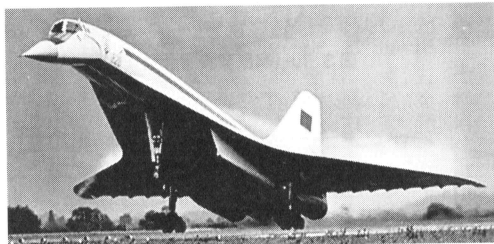


写真1 Tu-144原型機の離陸(東ベルリン・シェーネフェルト空港)

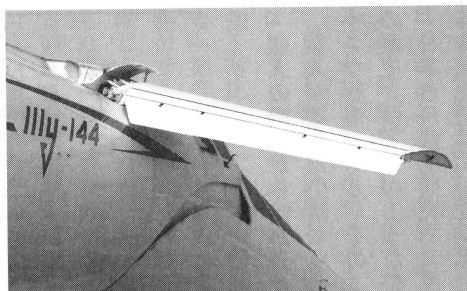


写真2 Tu-144量産型の前翼と機首可動部

た。それ自体は滑走中ほとんど揚力を発生しませんが、エドレヴォンで機首を上げるとにわかによ力を発生して、機首上げを助長する役割を果たします。Tu-144はこのひれよりもさらに積極的に機首を上げさせる収納式の前翼を苦労して設置したのです。この前翼は非常に精緻なもので(写真2)、転張時には胴体との隙間がほとんどなく、発生した揚力を逃さないよう工夫され

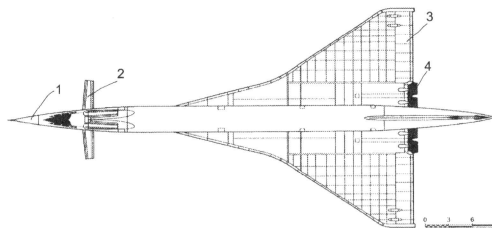


図2 Tu-144平面図

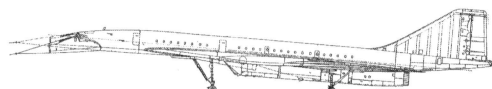


図3 Tu-144原型機側面図

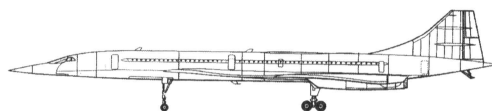


図4 コンコルド原型機側面図

胴体への取り付け角(前後軸と左右軸を含む平面と翼弦となす角度)がほぼゼロとなります。また、翼厚最大値/翼弦長の比率(翼厚比)の非常に小さな薄翼なので、翼上面と下面の圧力差(揚力)は発生しません。こうした飛行機の地上姿勢を滑走路面に対して水平にすると、いくら加速しても迎え角はゼロに近いままなので揚力はほとんど増えません。離陸決心速度(V_L)まで加速したところで機首を引き起こすために、エレヴォン(elevon)もしくはtaileron、無尾翼機で昇降舵(elevator)と補助翼(alileron)を兼ねた舵面。図2の3の

舵面)を上げ舵にすると確かに機首は上がり、迎え角が増大するので、主翼後縁をはね上げている(フラップを下げるのと逆の状態)ので、揚力は思ったほど増加しません。そこで初期の三角翼機の多く(通常の長さの滑走路や航空母艦で運用する飛行機)は、前脚を長くして、初めから機首上げの地上姿勢を取るようになりました。この姿勢で離陸滑走すれば、三角翼に迎え角があるので、速度の二乗に比例して揚力が発生し、また、機関推力の上向き成分も離陸上昇を促進する方向に作用します。Tu-144の原型機も図3のように、顕著な機首上げ姿勢でした。ところが、軍用機ならまだしも、民間機の地上姿勢が水平ではなく、顕著に傾いているのは不便です。機首の乗降口が高くなりますし、機内清掃や物の積み卸しにも支障が出ます。

コンコルドも原型機ではやや機首上げだったので、量産機ではほぼ水平に近い状態に変わりました。Tu-144も量産機では前脚の位置が前に移り、その分傾きも減ったのですが、コンコルドに比べると、天を衝く機首になっています。

天を衝く機首と前翼

Tu-144は原型機と量産型では、かなり大きな相違があります。前脚が前に移っただけでなく、機関収容部(ナセル、nacelle)の吸気過程がかなり短縮されました。したがって、前輪と空気取り入れ口の距離は長くなりました。また、主脚

の車輪数が一脚二輪から八輪に減少しています。当初は雪原での離着陸を予定していたのですが、ナセルの配置を少し左右に広げたこともあり、主脚の収納方法を含めて大きく変更されました。いずれにせよ、このTu-144もソ連機によく見られるように、主脚は非常に凝った作りで、多くの車輪を複雑に捻り、曲げながら、狭い収納部に格納します。

量産型で一番大きく変わったのは、機首の操縦席直後に前翼(カナード)を設けたことです(図2の2)。これも離陸性能に関わる変更です。コンコルドも当初は機首に何もなかったのですが、原型機の途中から小さなひれが付きました。それ自体は滑走中ほとんど

ていました。収納すると胴体外板と同じ曲面となります。軽飛行機の主翼より少し小さめの直線翼で、全翼幅に亘る二重隙間フラップを備えていますから、コンコルドのひれよりもはるかに大きな機首上げモメントを発生できます。

この前翼を追加したのだから、前脚は抜本的に短くして地上姿勢を水平にしてもよかったです。結局、量産機も天を衝く姿勢です。なぜでしょう。超音速旅客機でもソ連は、よく整備された飛行場だけでなく、氷片や小石などの異物が滑走路面に散在しているような環境での運用を考慮していたに相違ありません。前脚がそれら異物を跳ね上げて、空気取り入れ口に突入すれば事故の引き金となります。

Tu-144はナセル(頑丈な金属製の容器)に主脚を取り付けたので、主脚の車輪が異物を跳ね上げてはナセルに当たりませんが、コンコルドは主翼に主脚を直に取り付けたので、異物は主翼下面のアルミ合金製の薄い外板を突き破るようになります。実際にコンコルドの命運を決めたのは、離陸中に滑走路上の異物を踏んだ車輪が破裂して、硬いゴム片が主翼下面を突き破り、翼内タンクから漏れ出した燃料に引火して火災を起こし、離陸直後に墜落した事故(二〇〇〇年七月二五日)でした。Tu-144の命運はそれとは異なり、燃費や機関の性能で決まりました。以下、連載第一六回に続きます。

おのづか・ともじ

東京大学特任教授/名誉教授