

逆向きその2

小野塚知二

重力に逆らって重いものを空に持ち上げるのが航空機ですから、水平尾翼が負の揚力を発生するというのはいかにも不合理です。世界最初の有人飛行を実現したライト兄弟のフライアーも先尾翼機です。非力な機関しか入手できなかった兄弟は通常尾翼機の可能性（一八七一年にはA・ペノーの模型飛行機で実証）を知っていましたが、負の揚力を発生しない先尾翼機という形態は意図的に選択した結果なのです。

ところが先尾翼機には大きな難点があります。気流の乱れなどで機首が上がって縦の姿勢が崩れた場合、通常尾翼機は尾翼の負の揚力が減少し、機首を下げようとするモメントが発生し、姿勢は容易に回復します。気流の方向に機体向け続けることを風見安定と呼びますが、通常尾翼機は風見安定性が高いのです。一般化していくなら、空気力学的な中心が重心よりも充分に後ろにあれば風見安定が得られます。ところが、次頁の図1（前回（第一九回）三一頁に掲載したのと同じ図）を見てわかるように、機首が上がると先尾翼は揚力

を増し、機首をさらに上げるモメントを発生します。重心より少し後ろにある主翼の揚力も発生し、それは機首下げのモメントとなりますが、重心までの距離が短いため、先尾翼機は縦の風見安定は欠如・不足します。外的擾乱で機首が上がったり下がったりするのを自動的に修正する機能が弱いのです。操縦者のいない模型飛行機が通常尾翼を採用するのはここに理由があります。通常尾翼機は主翼が重心の少し後ろにあるだけでなく、重心からかなり離れた場所に尾翼があり、それが風見安定を保証します。ここまで述べたのは縦（左右軸回り）の風見安定ですが、方向（上下軸回り）の風見安定は垂直尾翼が担います。垂直尾翼を重心より前に設置することは、意図的に方向安定を低下させる場合を除いてなく、すべての飛行機が垂直尾翼は重心より後ろにあります。

ライト兄弟はグライダーの飛行経験を通じて機体の姿勢を維持することに慣れていました。ヴァリリーズを飛ばす者は操縦そのものを楽しむので、縦の風見安定が多少不足して

も、それはむしろ楽しみを増します。

しかし、ビジネス機や旅客機のように客を乗せて飛ぶ飛行機の縦の風見安定が低く、常に機首を上げたり下げたりという周期十秒前後の振動を繰り返すのは乗り心地を決定的に損ないますし、長時間の飛行の間、操縦者が一瞬の隙もなく縦の安定性を人為的に確保し続けなければならないのは、輸送や移動という実用のための飛行機には不適です。

先尾翼形式には前回見たように利点がたくさんあり、高性能を可能にするのですが、ライト兄弟による先尾翼機の実用性の証明の後も、それが長らく普及しなかったのは、縦の風見安定の欠如という大きな弱点を抱えていたからです。

風見安定を確保する方策

しかし、この弱点は克服可能です。しかもその方策は一九四〇年にはわかっていて、実機も作製されています。アメリカ陸軍航空隊は一九三九年一月に従来形式を上回る性能

と強力な武装の戦闘機的设计案を各社に求めます。それに応えてカーティス・ライト社が提示したのがXP-55です。ライト兄弟の会社の流れも汲むカーティス・ライト社は当時としてはもはや珍しくなっていた先尾翼機を提案します。弟オーヴィル・ライトはすでに航空事業から手を引いていたので、この形式を採用したのはカーティス・ライト社の技師の独自の判断だったでしょう。同機は、風見安定の欠如という弱点を克服するために、主翼を後退翼としたのです。ライト兄弟は自分たちの有人飛行機の着想が模倣されないように、わざわざ操縦の難しい先尾翼機で初飛行に挑んだのですが、もはや有人飛行が珍しいことではなくなっていた一九一〇年には通常尾翼のB型を作製して、一般の操縦者にも自分たちの飛行機を開放したのでした。

さて、XP-55の平面図（図2）を見るとわかるように、主翼には前縁で三〇度ほどの後退角が与えられていて、現在のジェット機のような主翼平面形です。ただし、この後退角は主翼上面の衝撃波の発生を遅らせるためではなく、翼端部分に尾翼の効果を持たせるために、与えられています。ちよつと変わっているのは、翼端部分が延長されていて、この図面ではわかりませんが、かなり大きな捻り下げ（主翼付け根よりも翼端に行くにしたがって取り付け角（翼弦と前後軸のなす角度）を減少させること）が施されています。こうすると、揚力の大部分は翼端よりも内側の主翼が発生し、翼端部分は

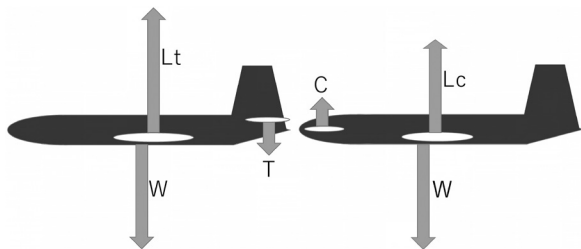


図1 通常尾翼機と先尾翼機の縦の釣り合い

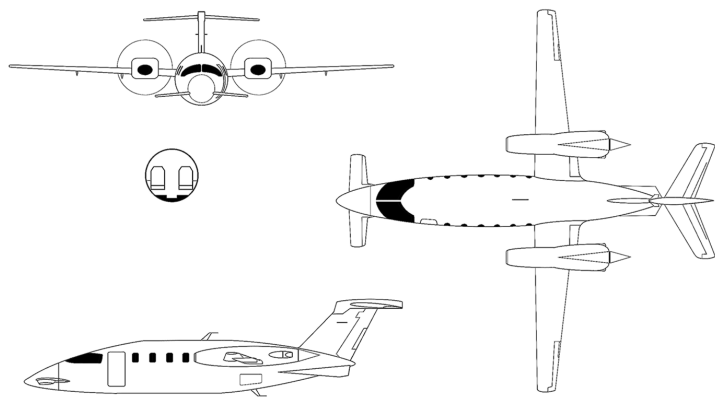


図4 P.180アヴァンティの三面図と胴体断面図

もう一つの可能性
縦の安定性を欠くという先尾翼機特有の難点を解消するも
う一つの方策は、安定性を機体形状に委ねるのではなく、近
年進展のめざましい電子技術と情報
技術を活用して人
工的に、しかも不
快な長周期振動を
感じさせないくら
い瞬時に制御する
ことです。操縦桿
と舵が機械的に直
結していないフラ
イ・バイ・ワイヤ
制御系なら、通常
尾翼機に近い操縦
感覚に調整するこ
とも可能です。
将来輸送機の構
想がいくつも示さ
れていますが、そ
の多くは全翼機で
す。胴体がなく、

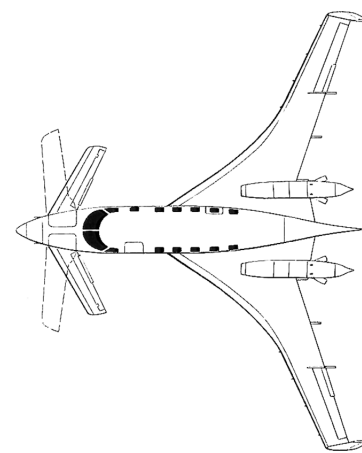


図3 ビーチクラフト・スターシップの
平面図

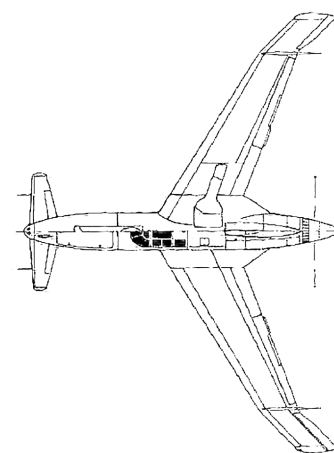


図2 XP-55の平面図

取り付け角が小さいので失速を翼中心部よりも遅らせることが可能となります。しかも、後退翼なら、翼端は機体の重心よりも後方にありますから、翼端部分は通常尾翼と同じように風見安定の効果を発揮することができます。XP-55より少し遅れて第二次世界大戦末期に日本海軍が実用化を目指した震電（海軍航空技術廠で要目を設計し、実機の設計・製造は九州飛行機が担当）も先尾翼機ですが、後退角がXP-55より小さいため、縦の安定性には難点があっただろうと予想されます。
一九七〇年代に設計されたヴァリエーゼイもXP-55と同様に、主翼に後退角が付いています。ヴァリエーゼイを設計したルータンが関わったビーチクラフト・スターシップ（一九八六年初飛行）も先尾翼の後退翼機で、後退翼の翼端が縦の安定性を担います（図3）。P.180アヴァンティは主翼が直線翼のため、主翼端の尾翼効果を期待できませんでしたから、垂直尾翼の上部に小さな通常尾翼を備えることで縦の安定性を確保したのです（図4）。ピアッジョ社の技師が後退翼を採用しなかったのは、主翼を胴体のできるだけ後部に取り付けて客室長を稼いだかったからだと思われますが、先尾翼機独特の操縦感覚がヨーロッパの操縦者たちに忌避されるのを回避して、先尾翼と通常尾翼を両方備えるという中途半端な設計にしたのかもしれませんが。それでも、アヴァンティは十分に高性能機です。

通常形式の尾翼も先尾翼もなく、主翼だけの飛行機は確かに飛ぶための機能しかないので一見効率的です。むしろ固有の安定性はないので、フライ・バイ・ワイヤ制御系によって各種の安定性は人工的に担保されます。しかし、旅客機として用いる場合、全翼機から事故時に九〇秒以内に全員が安全に脱出するのは困難です。長い胴体は飛行には無駄な死重ですが、事故時の脱出を考慮するなら最適の形態でもあったのです。また、全翼機は貨物輸送にも大きな不便が予想されます。多数のパレットやコンテナを搭載する簡便な方法は全翼機には困難です。全翼機が実用的であるのは、乗客の脱出も貨物の積み卸しもない爆撃機だけでしょう。小さくて重くて、しかも少数しか積まない爆弾なら主翼中央下部の蓋を開けて搭載し、爆撃時そこから投下すれば済みますが、旅客機や貨物輸送機はそうはいきません。全翼機の優位性を主張したジャック・ノースロップの手になるYB-35やYB-49の実験を経て、彼の長年の夢を実現したノースロップ・グラマンB-2は新しい技術で人工的に縦の安定性を確保しています。胴体があるのなら、将来輸送機は先尾翼の後退翼機にするのが合理的でしょう。主翼を小さく、軽くできますから、燃費は向上し、二酸化炭素発生量を減ずることができます。胴体にはこれまでと同様に多数の窓と出口を確保することができます。

おのづか・ともじ
東京大学特任教授／名誉教授