

1. 無尾翼機の安定性と機動性

爺：下の写真を見てもらおう。前回取り上げたN-1M全翼機^{*1}の別バージョンじゃよ。



N-1M直線翼バージョン (出典：『THE FLYING WING of JACK NORTHROP』Schiffer出版)

ハ：翼端が真っすぐな直線翼バージョンも造られていたのですね。でもネズ爺、前回の解説だと、翼端を折り曲げた部分の動翼が方向舵とエルロン(補助翼)を兼ねるんですよ。真っすぐな翼端だと、翼端の動翼に方向舵の役割を与えられないんじゃないですか？

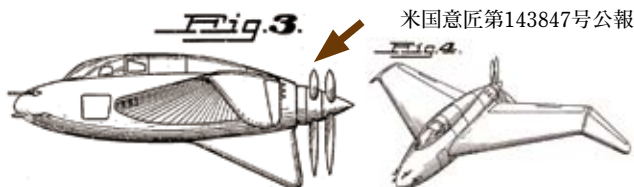
爺：おお、いいところに気づいた。この翼端まで直線の機体では、舵面を上下に広げてエアブレーキとすることでヨーイング方向の制御を行ったんじゃ^{*2}。

ハ：空気抵抗を使って曲がるなんて、のどかですニャ。まあ、安定性はよくなるように思いますケド。

爺：では、全翼機の安定性の話をしようかのう。前回話したXP-56試作戦闘機^{*3}を覚えておるか。

ハ：覚えてますニャ。やはり無尾翼機でしたよね。

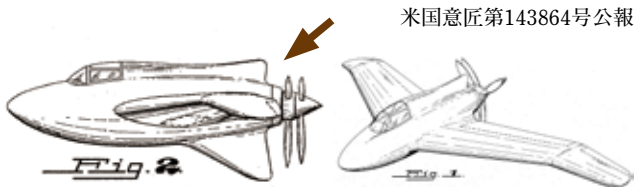
爺：この機体、ノースロップ社は米国の意匠特許を取得してるんじゃ。まず、最初の出願がこれじゃ。



米国意匠第143847号公報

ハ：ええ、まさに前回写真で見たXP-56ですね。なかなかカッコいいです。

爺：そして、その後に出願した形状がこれじゃ。胴体上面の後端、プロペラ直前の垂直安定板の形状に注目じゃ。



米国意匠第143864号公報

ハ：あ、面積が増えて大きくなってますね。

COMMENTS

- ※1) N-1Mは、まず翼端が下がったタイプが造られ1940年に初飛行した。その後、直線翼タイプが製作され、このタイプが現在、ワシントンDCのダレス国際空港横にあるスミソニアン航空宇宙博物館分館に展示されている。
- ※2) 公報図6の符号54がエアブレーキである。なお、実際に製作されたXB-35は最外動翼が上下に開く、いわゆるスプリットラダーを採用しており、この構造はB-2にも踏襲されている。
- ※3) XP-56は、米国陸軍が主催したコンペR-40Cにノースロップ社が応募した機体で、2機製作されて1943年に初飛行した。
- ※4) 例えば、速度記録を作った、米国の速度記録挑戦機であるジービーレーサー(1931年初飛行)は、高速だったものの操縦が難しく、実用機にするのは困難であった。

爺：そして、最終的に飛行したXP-56がこれじゃ。



出典：前掲『THE FLYING WING of JACK NORTHROP』

ハ：ははは、もう、完全に垂直尾翼が付いちゃってますニャ。厳密には無尾翼機とはいえないですよ。

爺：直進安定性の確保に苦労していることが明瞭じゃ。

ハ：翼端の折れ曲がった舵面だけでは、十分なヨーイング制御ができなかったのですね。

爺：ヨーイング制御だけではない。機体前後方向において重心と舵面が近い無尾翼機ではピッチングの制御も難しいんじゃよ。そして、この安定性の確保が戦闘機としての致命的欠点になるんじゃ。

ハ：安定性がないのは高機動だといえニャいですか？

爺：機動力とは制御ができて初めていえる言葉じゃよ^{*4}。

ハ：では、全翼機を含む無尾翼機で安定性を確保するにはどうしたらいいんですか？

爺：ヒントは本発明のクレームにある。今回は、前回取り上げなかった第1クレームを見てみよう。

1. A tailless airplane comprising a generally triangular planform wing of relatively thick central airfoil section, the halves of said wing having lines of center of pressure which are swept back from root to tip and said halves having substantial taper in thickness and in planform, all sections of each half having basic wing profiles of substantially zero center-of-pressure movement throughout all normal flight angles of incidence, and the chords of said sections progressively decreasing in angle of attack from root to tip.

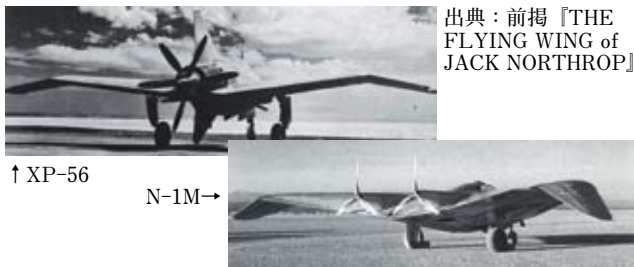
1. 相対的に厚い中央翼形部を有する、ほぼ三角形の平面形状の翼を有する無尾翼機であって、前記翼の半分は、付け根から先端に向かって後退する圧力中心線を有し、前記翼の半分は、厚さおよび平面形状において実質的にテーパ形状を有し、前記翼の半分のいずれの部分でも、すべての通常飛行時の入射角において実質ゼロの圧力中心運動となる基本的翼断面形状を有し、前記部分の翼弦は、根元から先端に向かって迎え角が徐々に減少する。

2. クレームに表れる安定性の秘密と全翼機の限界

爺：「実質ゼロの圧力中心運動となる基本的翼断面形状を有し、前記部分の翼弦は、根元から先端に向かって迎え角が徐々に減少する」と書かれておるじゃろう。

ハ：ああ、前回、説明がありましたね。前者は上下の膨らみが対象な翼断面であること、後者は中央部分の迎え角が大きい、いわゆる「ねじり下げ」のことでしたね。

爺：そうじゃ。お主が前回言っておったように、中央部分の迎え角を大きくして、中央部をいわばジャロベエの支点としておったのじゃろう。両機の後ろからの写真を見てもらおうかのう。



出典：前掲『THE FLYING WING of JACK NORTHROP』

ハ：ああ、確かに中央部分や主翼付け根の後端が翼端部の後端に比べて大きく下に沈んだ形状です。

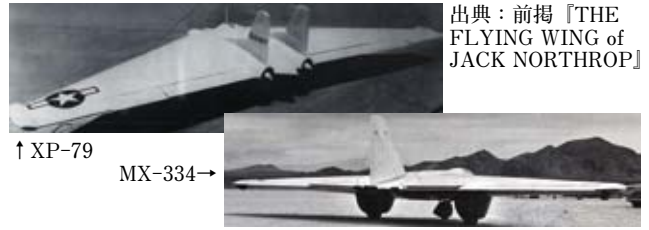
爺：当然ながらこの中央部の大きい迎え角は抵抗を増やす。また、実際には翼が厚くないと大迎え角は機能しにくかったようで、必然的に無尾翼機の抵抗は大きくなりがちだったのじゃ。

ハ：安定性を得るための形状が、速度性能に悪影響を与えたということですね。

爺：そういうことじゃ。結局、高速化が期待できず機動力も発揮できないとして、制式化は見送られてしまったのじゃ。

ハ：うーん、せっかく斬新な形状の機体だったのに、残念ですニャ。じゃあネズ爺、もっと薄くて平らな形状にしたら、高速で機動力のある機体を実現できるんじゃないですか？

爺：その考えに基づいて試作されたのが、MX-334実験機（ロケット機）^{※5}と、それに続くXP-79試作戦闘機（ジェット機）^{※6}じゃよ。最初からしっかりした垂直尾翼を設けて、直進安定性を確保しようとしたようじゃ。



出典：前掲『THE FLYING WING of JACK NORTHROP』

ハ：へー、ロケット機とジェット機ですか。薄型の平らな翼型になったこともあって、とても未来的な外観です。それで機動力はアップしたのですか？

爺：XP-79は最初の試験飛行中に墜落したのじゃ^{※7}。そのときの様子が、次のとおり記述されておる。

He made a sweeping circle over on watchers at 10000ft (3048m), and on a second pass, went into stall. XP-79B plunged into a nose-down spin. 彼（テストパイロット）が、見守る人たちの上空1万フィートで、円を描いて二度目の通過をしたとき、失速に陥った。XP-79Bは、前のめりになると機首を下げるスピンのに入った。

出典：『Fighters of the United states Air force』 Military Press 出版

ハ：うわ、恐ろしい墜落の仕方ですニャ。

爺：事故原因は不明とされたが、安定性を犠牲にして速度と機動性を高めようとした翼の形状に起因する可能性が高いじゃろう。

ハ：うーん、全翼機は戦闘機に向いていニャイですね。

爺：そもそも、全翼機は主翼内にコクピットを設け、かつ、エンジンも配置しなければならないわけで、翼厚が厚くなるから高速機には向いておらんじゃ。そのうえで、機動性と安定性のバランスをとるのがシビアとくれば、戦闘機とするのは難しいじゃろう。前回と今回の図面に描かれた機体をよく見てみるがよい。

ハ：確かに、前は旅客機、今回は爆撃機と、大型機ばかりです。ニャルほど、それが理由ですか。

爺：ノースロップは、全翼機の適性は機動力を必要としない大型機にしかない、と悟ったのじゃろう。

ハ：そういえば、「エヴァンゲリオン」に出てくる全翼機型輸送機^{※8}も大型機だったニャア。

COMMENTS

※5) MX-334は無尾翼グライダーとして製作されたMX-324にロケットモーターを取り付けたもので、1944年に初飛行した。

※6) XP-79はジェットエンジンを搭載、1945年に初飛行し、その飛行中に墜落した。操縦者がうつ伏せに搭乗する、伏臥式コクピットを有した珍しい機体であった。機銃の搭載を考えず、マグネシウム合金でできた堅牢なフレームにより、敵機の翼にぶつかって破損させ、これを撃墜するという、米国には乱暴な攻撃方法を想定していた。

※7) テストパイロットは脱出を試みたものの、機体の一部にぶつかり、パラシュートが開かず殉職した。15分程度の飛行だった。

※8) TV版第7話「人のつくりしもの」で初号機を、旧劇場版で量産機を輸送した大重量貨物輸送機U4002-01。

3. 全翼機の長所と短所

爺：そこは無視じゃ(苦笑)。ノースロップ社は全翼機タイプの爆撃機を製作するために、N-9M^{*9}という小型の実証実験機を造っておる。意匠特許も取得しておるゾ。
米国意匠第143853号公報



ハ：双発ですが、翼面形状は本件特許図面の大型爆撃機と一緒にです。これが、前回最後に出てきたXB-35になるのですね。成功してよかったですニャ。

爺：うーむ。成功といえるかどうかは微妙じゃな。

ハ：え、どうしたんですか？

爺：XB-35は量産に一歩近づくYB-35^{*10}に進化し、13機が製作されたんじゃ。



YB-49への改装を待つYB-35の行列 (出典:『巨人機の時代』文林堂)

ハ：わあ！ 壮観な眺めですね。成功じゃないんですか。

爺：いや、YB-35になっても、二重反転プロペラの振動問題が解決せず、順次、ジェットに換装してYB-49に改造される予定だったんじゃ。この機体じゃよ。



YB-49 (出典: ウィキペディア)

ハ：すっきりしたデザインになりましたね。ジャック・ノースロップが手掛けた全翼機の集大成ですニャ。

爺：この機体も失速テスト中に機体が破断し、墜落したのじゃ^{*11}。結局、YB-49も全てキャンセルされてしまい、実戦配備された全翼機はなかったのじゃよ。

ハ：わわ、全翼機って、難しいのですニャア。

爺：最後に全翼機の長所と短所を整理しておくゾ。

【長所】

- A. 胴体がないので、その分の空気抵抗が少ない。
- B. 同様に、胴体分の重量を削減できる。
- C. ステルス性に優れる。

【短所】

- X. 安定性を得るために中央が大迎え角となり、厚翼となる。→長所Aを帳消しして、高速化が望めない。
- Y. 安定域が狭いので、機動性を与えるのが困難。

ハ：あれ？ ステルス性^{*12}という長所があるんですね。

爺：このステルス性のニーズと、コンピュータ制御で安定性を確保するという現代の技術が、40年を経てB-2という全翼機を生み出したのじゃよ。

米陸軍の非通常型戦闘機コンペ「R-40C」

1939年、米国陸軍は、主翼と尾翼からなる通常型の飛行機とは異なる形態の飛行機を集めたコンペを行った。このコンペは、R-40Cといい、それまで非通常型の飛行機を研究していた、バルディ社 (Vultee)、カーチス社 (Curtiss)、ノースロップ社の3社の機体がコンペを勝ち残り、実際に提案した機体を製作した。バルディ社のXP-54は双胴式の機体、カーチス社のXP-55はエンテ型機、そして、ノースロップ社のXP-56は本文で示したような無尾翼機であった。



バルディ XP-54 ↑
米国意匠第138795号公報

いずれの機体もプロペラを後端に配置した、いわゆるプッシャー式の機体であり、推進力を後ろに送るジェットエンジンの機体にも応用できそうな形態であったが、機動力の面で通常型の機体にならず、どれも制式機として採用されなかった。同じころに開発された米国陸軍のP-51ムスタングは第二次世界大戦の傑作機として名を残すが、こういった周辺形態の試行錯誤があったうえでの傑作機と考えると、その価値はより大きいように思える。これら機体はまさに「無用の用」であった。

↓カーチス XP-55
米国意匠第144143号公報



中川 裕幸

中川国際特許事務所
所長・弁理士

Hiroyuki Nakagawa : Head
Patent Attorney at
Nakagawa International
Patent Office

〒103-0014
東京都中央区日本橋蛸殻町
1-36-7 蛸殻町千葉ビル6F

COMMENTS

- *9) N-9Mは1942年に初飛行した、290馬力のエンジンを2機装備した全翼機。4機が製作された。
- *10) YB-35は3000馬力のエンジンを4機有する大型爆撃機であり、試作機XB-35は1946年に初飛行した。13機のうち、数機がジェットエンジンに換装されてYB-49となったが、1950年には計画全体がキャンセルされた。B-2の初飛行は1989年であるから、約40年のブランクがあった。
- *11) 1948年、エンジンストールのテスト中に機首を持ち上げるように反転して墜落し、5人が殉職した。
- *12) ステルス戦闘機に共通する形状は平べったいことである。ステルス性の本質は、敵の探知電波を同じ方向に返さないことにあり、平たい機体形状はRCS (レーダー断面積: レーダーに映る大きさ) を小さくすることができる。全翼機はまさにこの特徴を有する。