

航空機の発達と その構造材料の変遷 (第1回)



C-ASTEC 中澤隆吉／中菱エンジニアリング 伊原本幹成

1. 緒言

最初に飛行機により空を飛行するのに成功したのは、1903年12月17日、米国ノース・カロライナ州キティホークにおいてライト兄弟が製作し、飛行したライトフライヤー3号と広く認められています。その日、彼らは何回も飛行に挑戦し、最長飛行距離は260m、飛行時間は59秒と記録されています。この飛行機による飛行の条件として、動力、即ちエンジンを搭載していることと飛行するための制御を行うという二点が挙げられます。ライト兄弟以前にも気球により空に浮かんだり、グライダーにより滑空した人達はいましたが、動力が無かったり、或いは積極的な飛行制御がなく風任せであったりし、飛行機による飛行とは認められていません。

その後、第1次世界大戦、第2次世界大戦を経て飛行機は急速な進歩を示し、現在では、とくに遠くの外国に行き来する場合、人の移動は飛行機が主役になっています。この飛行機の進歩は、飛行速度の高速化、航続距離の長距離化、搭載量の増大などの特性から明確に見て取れます。そしてこれらの飛行機の進歩は、動力や流体力学等の進歩とともに飛行機の構造材料の変化とも重要な関連があります。ここでは飛行機の発達とその構造材料の変遷について述べます。

(注：本連載は6回に分けて掲載の予定ですが、項目、図番および参考文献は連続しています。)

2. ライト兄弟の飛行から第一次世界大戦

2.1 飛行機の誕生

1903年にライト兄弟が初めて飛行機による飛行を行った時、彼ら自身が製作したライトフライヤー3号の機体の三面図を図1に示します。この米国スミソニアン博物館所有の図は、現在の飛行機とはかなり異なる形状を示しています。中央に上下2枚の主翼があり、いわゆる複葉機ですが、前方に昇降舵、後方に方向舵と分離して配置されており、胴体は梁がむき出しで、外皮は張られていません。エンジンは1基で、プロペラは左右に有り、チェーンで駆動しています。現在の飛行機にあるフラップ、エルロンのような補助翼は有りませんが、主翼の先端までワイヤが張られており、ワイヤを引っ張って主翼をねじ

ることにより飛行を制御する仕組みになっています。日本で2002年にライト兄弟の初飛行100年を記念してライトフライヤー号の復元を目指したグループにより、インターネットに復元の様子が報告されているので、興味ある方は一読ください¹⁾。このライトフライヤー号の特性は、飛行速度は15.8km/h、飛行距離は260m、搭載量はパイロット1名となります。飛行速度はやや早めの自転車程度で、現在のマラソンのトップランナーよりも遅い速度です。

このライト兄弟の初飛行から遅れること3年後の1906年10月22日、フランスのブローニュの森でサントス・デュモンの14-ビス号が飛行し、飛行距離は60mでしたが、アルクデアコン賞の賞金3,000フランを見事に獲得しました。翌11月14日には飛行距離220mを記録し、100m以上を飛行したことにより飛行クラブからさらに1,500フランの賞金を獲得しました。ライト兄弟の飛行を目撃したのは僅か5人のみでヨーロッパには報道されていなかったため、当時のヨーロッパでは世界初の飛行機による飛行と信じられていました。

これらの飛行機に使用されていた主要な構造材料は木材で、翼の外皮にはキャンバス布が張られており、強度の高い金属は機体構造を組み立てるときの蝶番と釘に使用されていた程度です。当時普通に利用できる金属材料は、比重の大きな重い鉄、銅が中心であり、軽量の金属は未だ工業的には量産されていませんでした。また、搭載されていたエンジンの馬力も10馬力程度の小さな出力で、重い金属材料を構造に多量に使用できる状況にはありませんでした。

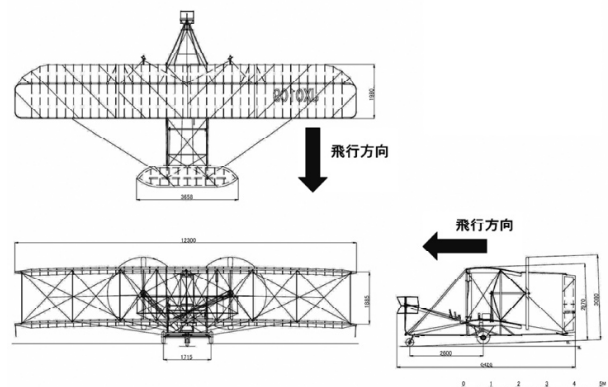
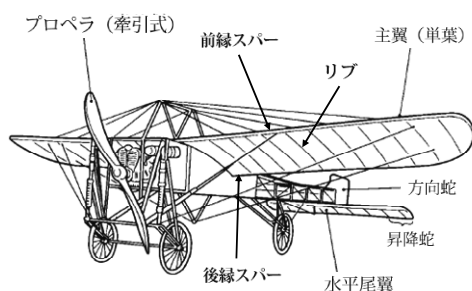
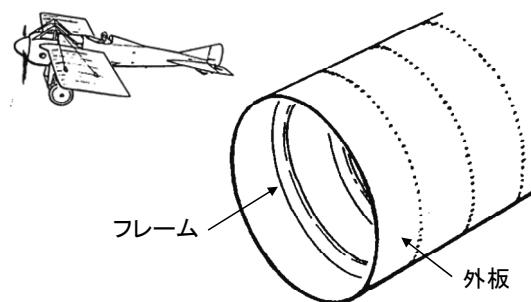


図1 ライトフライヤー号三面図¹⁾

図2 ブレリオXI号²⁾図3 ドベルデュサン・レーサーとモノコック構造³⁾

ヨーロッパで飛行機が初飛行した3年後の1909年7月25日にはルイ・ブレリオによるブレリオXI号機により英仏を分けるドーバー海峡の横断飛行が行われました。これにはイギリスのデイリー・メール紙が1,000ポンドの賞金を掛けており、フランスのカレーを離陸しイギリスのドーバーに着陸するまで、飛行距離は37km、飛行時間は37分、平均飛行速度は60km/hで、賞金を獲得しました。1903年のライト兄弟の人類初飛行から比べると、飛行速度は約4倍、飛行距離は約142倍と大きく進歩しました。とくに飛行距離の伸びは正に桁違いで6年の間に安定して飛行する技術が進みました。このブレリオXI号は、図2に示すように主翼が1枚の単葉機で、主翼の前方にエンジンが、主翼の後方に尾翼として水平尾翼と昇降舵、更に方向舵が配置され、早くも現在の飛行機と基本的に同一の形態を示しています。胴体構造は梁を用いたいわゆるラーメン構造で、エンジンはライトフライヤー号の2倍以上の25馬力の出力がありました。主翼は鳥の翼をイメージした薄い形状で、木製の前縁スパーと後縁スパーとそれらのスパー間に同じく木製の複数のリブが翼根から翼端まで平行に並べられ、外皮はキャンバス布を張る、ライトフライヤー号と同様の構造です。機体の重量は約300kgと、ライトフライヤー号よりも少しだけ重くなっています。ライトフライヤー号は複葉機のため主翼が2枚ありますが、ブレリオXI号は単葉機で、主翼1枚分の重量を車輪や構造の補強に回せたことと、エンジン馬力が2倍以上にアップしたことにより、航続距離が飛躍的に伸びたと思われます。

1913年、フランスで行われた第5回ゴードン・ベネット杯レースにおいて、プレボーが操縦したドベルデュサン社のドベルデュサン・レーサーが203.8km/hの当時の最高速度記録を樹立し、初めて飛行速度が200km/hを超えました。フランス人ルイ・ベシュローが設計したこの機体は図3に示すようにブレリオXI号と同様に単葉機です。主翼はブレリオXI号と同様の構造であり、主構造材料

は木で、外皮にキャンバス布を張ったものなので、薄くて剛性が無いため、主翼を水平に維持するため何本もワイヤを張って垂れ下がるのを防止しています。しかし、胴体はブレリオXI号の木製梁とワイヤを張った剥き出しのラーメン構造とは異なり、滑らかな流線型の外観を示す木製のモノコック構造になっています。このモノコック構造は図3に示すように外形形状を正確に保つために内部に前後方向に複数のフレームを配置し、そのフレーム間に積層して厚くした木の合板を張り付けた構造です。この構造では積層された厚い木製の合板が機軸方向と剪断方向の両方の荷重を分担するので、外板が座屈するまで荷重を取ることができます。機体には140馬力のエンジンが搭載されており、ブレリオXI号がドーバー海峡を横断したときのエンジンよりも5倍以上強力で、4年間にエンジンは大きく進歩しました。

ドーバー海峡横断から5年後、200km/hを超える飛行速度に到達した1年後の1914年に第1次世界大戦が勃発します。このとき、飛行機は初めて戦争の兵器として使用されます。当初は上空からの偵察任務にあっていましたが、やがて銃を搭載して飛行機同士の空中戦も行われるようになりました。このころの飛行機はエンジンの性能向上もあり、胴体は鉄パイプを溶接したラーメン構造になり、外皮にキャンバス布を張って空気抵抗を低減し、鉄骨構造が剥き出しの外観は影をひそめました。構造の主要構造部材に金属が使用されるようになりましたが、全金属製機体の登場はまだ先になります。

参考文献

- 1) http://www.geocities.jp/wjp_glider/other/flyer/flyer1.htm
- 2) 小林昭夫：紙ヒコーキで知る飛行の原理、講談社ブルーバックス、(1988)。
- 3) 久世紳二：旅客機の開発史、(社)日本航空技術協会、(2006)、32、60、57、56、3、183。