文明叢書第十一·十二·十三編

廣部工學博士序

德永理學博士序

飛行機

田邊一雄著

278

始

特100
450

文明叢書

第十一編
第十二編
第十三編

大正
3. 11. 27
内

飛行機

早大工學士　田邊一雄著

文明叢書發刊の辭

獨にレクラム叢書在り。英にカッセル叢書あり。佛にネルソン叢書あり。皆世界百科の書を網羅し、内容の充實と價格の低廉と相まちてあらゆる階級の讀者に布遍し、各國知識の開發者たると共に世界文明の指導者たり。而して今迄我日本に此の種の叢書の出づべくして出でざりし事は實に出版界の缺陷にして又實に吾文明の缺陷なり。小院竝に見る處あり、今や乃ち「文明叢書」の出版を企て、最善の力を之に致さんとす。希くば賢明なる讀者の深厚なる同情によりて、叢書の篇を重ぬるに隨ひ、我が同胞の各戸に最も完全にして最も便利なる圖書館を建設するを得んか。

發行者謹白

恭しく本書を我が敬愛す
る恩師工學博士
廣部德三郎先生に捧ぐ

序

回顧すれば既に一年なり矣、日本に於ける最初の航空術犠牲者たる木村德田兩中尉の歿後幾千もなくして本年四月また重松中尉 前兩氏の跡を追へりとの飛報あり、萬都の人士みな其悲壯に聲涙を呑みぬ。

その後數日忽焉として天空憂音を聞く。即ち窓扉を放てば一飛行機の悠々青山に向ふを見る、此の瞬時余は 識らず滿身の血湧き感極まつて涙潸然たるものあり、軍人の忠誠に感じたるなり、軍人の壯烈に激したるなり、嗚呼僚友の光榮ある死屍の横はり血未だ腥さき地を越へてこの不安なる一物に投し、敢然一身を擲つて職に忠なる焉んぞ敬虔の念を禁ずるを得んや。

余は元來飛行機に關しては全く門外漢なり、然れどもこの壯烈に感激して飛行

機の安定問題に想到せざる能はざりき。現今斯界各研究家は最も安定なる飛行機を發明せんと苦心せらるゝ者非常に多かるべし、而して斯界に對しての智識皆無なる余の愚考の如きは斯界オーソリーテーより見れば噴飯嘲笑の話柄を借するに過ぎざるを恐るゝと雖も其瞬間に於て余は直覺的に所思らく、空界の現象は千變なり、天候の異變は萬化なり、然るに之れに航して絶對に墜落せざる安定なる飛行機を發明する事、實に難しと云ふべし。寧ろ墜落するも人命の損傷なきを保し得るが如き安全裝置を發明する事の第一着手にして、而かも決して墜落せざる飛行機を發明せんとするよりも可能性に富む問題ならずんばあらず。例へば一つのプッシボタンを押すと同時に小電磁石を働かし同時に非常に強きスプリングをリーズして主翼を墜落の方向に則ち地球の引力の働く方向に直角ならしめ以てダンパー制動機たらしむるが如き、或は或る特種の瓦斯の

液化したるものを瓶に蓄へ、危險に際してハンマーの一擊に依りて瓶を破壞すると同時に液體は瓦斯體に變じ擴大なる氣囊を作り飄々として下界に安下し得るが如き、斯る安全裝置を發明したらむには投乘者は平然として機を操縱するに一擊を與ふれば可なりと安心あるを以てなり、

頃日早稻田工學士田邊一雄君飛行に關する一書を著すと云ふ。氏は飛行機に趣味を有し之れが研究に從事する事既に多年なりと聞く。殊に氏は學生時代より攻究に沒頭する風なり、而して獨創に適するが如き性質傾向を有したり。故に本書修むる所必ず斯界に益する多大なるものありと信ず。

同氏本書を著はし余に閱讀を請はる、されど當時激務蝟集到底其閑を得ず、同氏更に序を需められる、されど前記の如く余は斯界に對して全く無智識なり。

門外漢の序何の益かあらむ徒らに余の無責任な曝露するに過ぎず、として固く辭す、同氏容易に肯ぜず、依つて不得已余のローマンチックなる懷舊談を錄して序とす。

十月三日　　工學博士　廣部德三郎

序

余は著者と相識るや久し。著者は早稻田大學理工科にて電氣學を專修したれど、飛行機には少なからぬ趣味を有し、學業の餘暇に模型の單葉を作り、復葉を飛ばし、同級生間に「小飛行家」と冷かされたることあるを知る。

この著書を見るに、頗る科學的にて又一般的なり。よく飛行機に關する學理と智識との點を網羅したり。高尙なる力學を平易に談じ、難解なる操縱と安定との問題を巧みに說明し、適切なる比喩と豐富なる事實とを引用して彷彿の裡に航空の原理を暗示する處、「小飛行家」は果然「飛行機學者」となりたるが如し。

殊にこの書中將來の文明を豫言して切に日本の現狀を訴へしは、讀者をして著者の意の如何に深遠なるかを思はしめむ。

本書の如きは良好なる通俗的科學書たるを信じて疑はず。
之を序とす。

十月一日

理學博士　德永重康

小序

△本書は空を走るもの〳〵名である。
然し日本の詩人が南柯一炊の夢に羽化登仙した思ひを歌ふたのとは違ふ。
△理論と實例と豫言とを以て航空學を批判したものが本書である。
△過去と現在と未來とを合せて解說し、一擧して空中の智識の宮殿に突入したものが本書である。
△新世紀文明の先驅者たらむ者は來り見よ。歐州の空を知らんとする者は來れ。
今や空中の時代に入らんとしつゝある。
△本書は非常な短時日の間に筆を執ることゝなつたため、急天直下して世上に表はれた。全體の操縱が簡單に失したり、或は誤聞珍語が爆發したかも知れぬ。

これは著者の最も恐縮に堪えぬ處である。識者幸ひに之を指摘して一臂の勞を惜む勿れ。

△終りに臨み恩師廣部、德永兩博士の序文を賜はりたるは著者の身に餘る光榮とする處で深く感謝の意を表する次第である。

1st, October 1914.

著者記

目次

第一章 一般理論……一

▲霧深き海▲力とは何か？

▲ニュートンの方則

▲氣球の理論▲飛行機の理論

▲鳥と飛行機との比較表

第二章 推進機……四九

▲共通な理論

▲直徑の大小とスリップ

▲效率▲材料▲プロペラの理論

▲直徑と回轉數との比較表
第三章　發動機……七四
▲飛ぶか飛ばぬかの運命
▲四サイクルとは何か
▲構造▲實例と其の將來
▲發動機一覽表
第四章　安定……一〇九
▲顚倒と安定
▲前後▲側面▲垂直の諸安定
▲スインクスの謎
▲安定の結論

第五章　操縱……一四四
▲三つの舵▲三つの操縱
▲曲り角は如何
▲上下運動
▲將來に於ける操縱の問題
第六章　飛行機……一六一
▲見果てぬ夢▲降下傘▲飛行の高さ
▲推進機の影響▲飛走速度と滑走
▲着陸と墜落▲空を飛ぶもの
▲昆蟲類翅膜運動の表
第七章　單葉飛行機……一八〇

▲單葉の特徴
▲アントアネツト▲プレリオ
▲ペゲーの顚倒飛行▲アンリオ▲コリエル
▲ニユーポール▲其他十餘種
第八章　復葉飛行機……二一五
▲復葉の特徴
▲ライト▲ボアザン▲クレマンバイヤル
▲カーチス▲フアルマン▲コデイー▲ブレゲ
▲日本製其他數種
第九章　飛行船……二四九
▲飛行船の安定▲プロペラの位置
▲ツエツペリン▲パーセバル
▲佛國▲英國の飛行船
▲飛行船の將來と其の使命
第十章　結論……二七七
▲單葉と復葉との比較
▲劍の鞘は拂はれたり
▲空中電氣と飛行船
▲未來の豫言

目次終

飛行機

第一章　一般理論

▲霧深き海▲力とは何か？▲ニュートンの方則▲氣球の上昇する理論
▲飛行機の飛揚る理論▲鳥と飛行機との比較

霧深きとき波の音を聽くと海は近いやうに思ふ。併し霧が晴れて見ると海に達するまでの間には山があり、川があり、谷がある。希望と自己との間には幾多の障碍がある。

人間が水面に浮んで泳ぐ事を覺えたのは有史以前の半獸時代であつたが、蒼空の下を鳥と競爭するやうになったのは、漸く今日始めて成功したのである。

これはギリシヤ時代に、アテネの人 Daedalus が蠟を塗つた羽で海上を飛んで以來、人類が希望の夢にあこがれたものであつた。

Daedalus（ダダラス）は有名なクリートの迷宮を造つた天才であつて、彼の美術工藝の方面に於ける偉才は驚嘆に餘りある。彼の弟 Icarus（イーカラス）も蠟塗りの羽で兄と一所に飛揚したが、餘り太陽に近づいたので蠟が溶け出し、羽がぐにや〳〵になつて海中に墜落した。これが空中飛行及び墜落の最初の記錄（レコード）であつた。

その後記錄は新記錄によつて破られ、新記錄は最新記錄によつて破られ、片端からびり〳〵破れて、更に飛行機の記錄は空中樓閣の樣な感があつたが、この間に航空學は駸々として進み機械は驚くべき長足の進歩をした。人爲的飛行に關する原理、航空の理論、飛行機の構造その型式、などと云ふ事も全く專門的の智識を要することゝはなつたが、未だ尙其の大體の處を捕捉し得たに過ぎぬ。

本章に於ては原理と理論と何れも確乎として　かない處を說くのではあるが、扨て機械學も力學もぬきにしてその神髓を得やうと云ふのは骨が折れる。簡にすれば要を盡さず、煩にすればちつとも解からずと云ふことになるが、一度に蒼空を驅けやうと云ふ者が把手（ハンドル）を握つた以上、多少の面倒な處は切り抜けなければならぬ。幾多の障碍があつてこそ後には高い處へ昇れるのである。

本章に於て少しく理論が難づかしくなつても、巧みに舵を操縱してこれを避け全勝の名譽を得るやうに努力することゝする。

▲力とは何ぞや

航空學で使用する術語の中に力と云ふのがあるが、これは他の科學で云ふ意

味のものと同一である、即ちニュートンの定義したやうに「一物體が靜止してゐるとき又はそれが直線運動をしてゐるときに、これを動かし又は靜止せしめんとするもの」である。

其れであるあるから今玆に一物體があつて其れがいつまでも靜止してゐれば力は働いてゐない。一物體があつて其れが一定の速度で直線運動を續けてゐるならば、其れには力が働いてゐない。

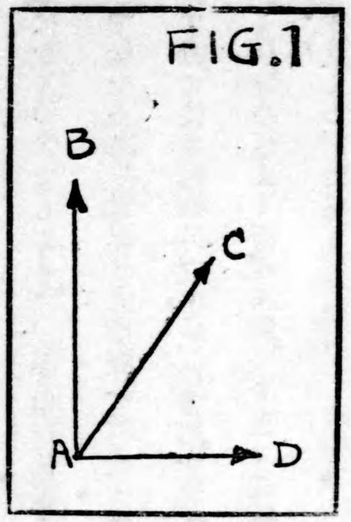
若しその速度が變化して來たり、その運動の方向が變化して來たならば、其處には必ずある力が働いて來たのであつて、その働いて來た力のために變化が起つたのである。

そこで力を完全に表現するにはその大さと方向とを知る必要がある。百封度の重量に相當する力が北方に働いてゐると云ふことゝ、百封度の力が南方に働いてゐると云ふことゝは大いに異なるのである。力に相違はないやうに考へられるが實は大變に違ふ。始めに云つた北方に働く力が日比谷公園の電車に働けば青山行の電車は三宅坂の方へ働き出すが、此時に誤つて南方に働く力がこの電車にかゝつたとしたらば、青山行は走るに隨つて青山に行かなくなる。のみならず後から來る電車と大衝突をやる。青山に客を運ぶ力と大衝突をやつて客を殺す力とは大變違ふ。これは方向が違ふからだ。

これを心によく留めて置くと我々は總て與へられた力を一つの直線を以て表現することが出來る。

直線の長さはその大さを表はし、一直線の方向を以てその力の方向を表はすのである。即ち圖に於てABの長さを以て北方に働く十封度の力を表現するとすれば、長さがその半分の直線ADは五封度の力を表はし、その方向はABと九十

度をしてゐるから東方に働いてゐることゝなる。又ACは八封度位の力で北東の方向に働いてゐるものであることが解かる。矢の代りに勸工場の入口のやうに指さしをつけてもよいのだが、簡單に方向を示す矢の方が矢張り飛行機式で輕快でよい。說き出す理論が次第に複雜して來るから芝居道具も成るべく簡單にして置く。



始め一つの力が物體に働けばその物體は力の働いた方向に動き出す。そしてその速度は段々早くなる。力の働いてゐる間はいつまでも早くなつてゆく、これは最初にニュートン先生を引張り出して約束した通り、力が動くに從つて物體の運動は變化せられなければならぬ。然るにその働く方向が同一であるとすれば、物體の運動はその大さを變化するより外に仕方がないからだ。

故に力が途中で追擊を止めれば物體は最早速度を早めない。唯一定の速度でどこまでも一直線に進む。さうしてその物體の運動してゆく途中に少しの抵抗や新しい力が來つて邪魔をしない限りは、その運動の速度は力が追擊を止めた瞬間の速度で走つてゆくのである。

次に二つの力が物體のある點に働いたらどうなるか。と云ふと、この答は簡單に解釋されるが極めて重要な事で、今後屢々その理屈を繰り返して理論を進めてゆくのであるから、此通り讀者諸君の耳を一寸引張つて置くのであります。

圖に於てA點に二つの力が働いたとする。その二つの力の大さと方向とはABとACの二直線で表現されたとする。この時この圖に描れた饅頭は果して何處へ行くかと云ふことを研究するのである。(第二圖)

點線CDをABに並行に引き、點線BDをACに並行に引き、この二點線がDで衝突したとする。DとAとを結ぶとADが出來る。饅頭は即ちADの方向に動くと云ふのである。

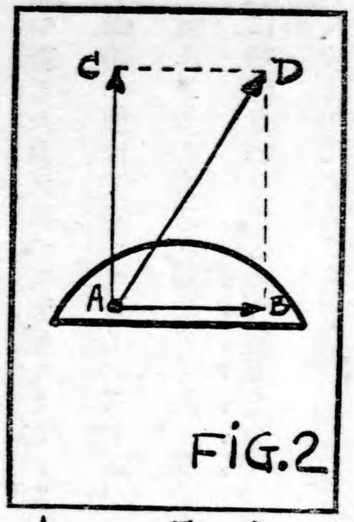


FIG.2

その運動は二つの力が働いたにも關らず一つの力が饅頭に働いたのと同一の結果となるのである。

その大さも圖に表はれた通りAC及びABの何れよりも大きくて、その方向も亦兩者の中央にある。

▲合力と分力

これと反對に力ADが一つの物體に働けば、これを二つの力AC及びABに分解することが出來る。さうしてADと云ふ一つの力を研究する代りに、AC及びABと云ふ二力を別々に研究して、之が全體一致してADになるのだと考へても差つかへない。(第三圖)

棚から牡丹餅が落ちたらどうなるかと云はれたときに、古い固い牡丹餅であつたから二つに割れた。その理由は力の分解の方則によつて上から一直線に墜ちるのも、これを二つに分解して二つの方向に墜ちるのも同樣だから、その分割の動機さへ與へればいくつにも割れる。だから床の上で二つに割れたのだと答へるとよい。

科學的にこの分解せざる前の力ADを合力と云ひ割れた二つの力AC及びABを分力と云ふのであるが、元が一つであつたから二つの分力を合すればその合力となるのには何の不思議もない。(第三圖)

これから愈々本論に入つて、數多の力が働いてゐる物體の運動に關して研究を始めやうと思ふ。

先づ例を取つて二つの力がさもに垂直であつてこれが反對の方向に働いてゐるとする。即ち第四圖でPとQとは二つの垂直の力であつてPは上方に向ひQは下方に向つて働いてゐるとする。

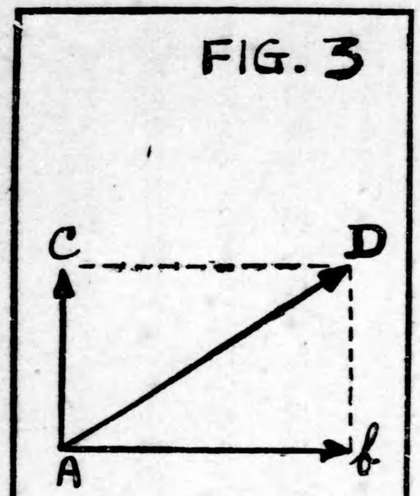


FIG. 3

この二つの力が若し同一の垂直線上にあつたら、その合力は双方の差であつて、その大なる力の方向に物體は運動をする。二人の小供が綱引きをして弱い方が引きづられてゆくのと同一である。

若しPとQとの大さが全く同一であつたら物體は動かぬ。即ち平衡の狀態にあるので綱引の勝負がない。何れも動ずにぢつとしてゐる。

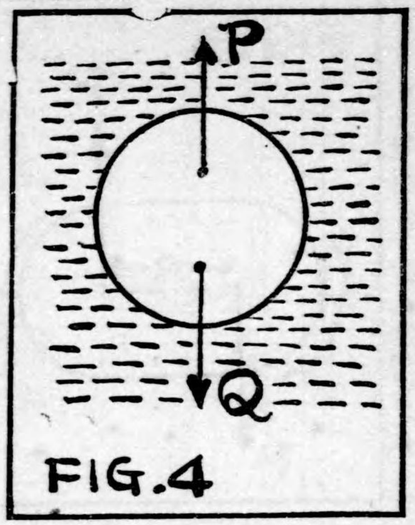


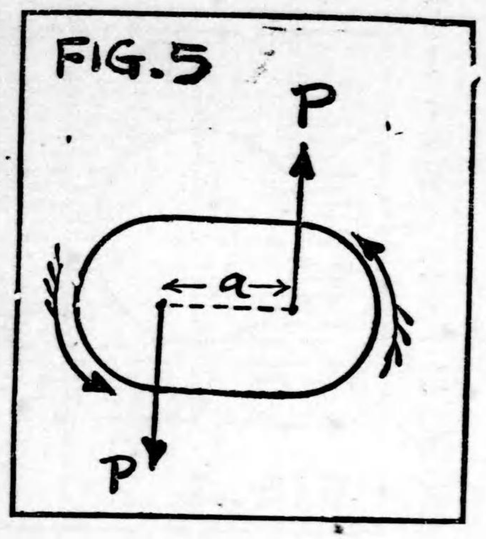
FIG.4

唯この時注意すべき事は二つの力が一つの直線上になくては平衡の狀態を保持しないと云ふ事である。

同一の大さの力が二つ離れて共に垂直に働いてゐると第五圖に示したやうに廻轉を始める。そうしてその廻轉しやうとする傾向の大さは二つの力の間の距離と一つの力との相乘積で表現せられる。即ち廻轉力mは

$$m = aP$$

と云ふ式で示すことが出來る。時計の發條（ゼンマイ）を卷くのでもさうである。親指で鍵の羽を上に押し、人差指で他の羽を下に押す。二つの合力は同轉力となつて發條を卷くのである。



この邊の處で彼の有名なニュートンの第三方則を述べる必要がある。

これは簡單に述べることが出來る。

即ち

「一動力があれば之と同じ大さで方向正反對なる他の一動力が必ずある。これは反動力である。」

高い處から飛び下りると足にじんとひゞく。これも反動力である。手で机

を押しつけると机は手の力と同一の力で反對の方向に押し上げる。強く押すと强く反抗する。その筈だ、反動は同一の大さで反對の方向の力であるから手が机より先に閉口して了ふ。梅ヶ谷であつたら机が閉口してつぶれて了ふが今度は根太が代つて相手になる。梅ヶ谷の力は半ば机を破るために費され、他は根太を押すのに費される、相手は常にある。

次に馬が車を曳くときにもさうである。馬は一定の力で車を曳く。車は馬と反對の方向に有る力で馬を後に曳く。この動力と反動力とが其大さ同一であると云ふことは時々おかしい混雜を生じて理屈がわからなくなることがある。

「それではどうして同一の力で曳き合つてゐるものがどん〳〵走つてゆくのか」と疑問が起こる。

然し答は簡單明白だ。今我々は馬と車との間の力に關して考へてゐる。地球

表面と如何なる關係にあつてもそんな事を關はぬ。馬は車を曳くのみならず地球の上に位置を變へてゐる。であるから車は地球が馬に致す處の反動力とは無關係であつて、從つて地球上の位置は時々刻々に變つても、馬と車とが相互に反抗してゐる力には何等變化がない、故に若し鎖が切れたら車は自分の反動力で止つて了ふ。

馬は反動力が急になくなつたので果してどこまで飛んでゆくやら解からぬ。實に恐ろしい事になる。

此等の力と云ふものは決して前に圖示したやうな一本の直線の矢のやうなものではない。決して矢が馬の腹にあるわけではなくて、多くの歪力（ストレス）が集つたものである。歪力（ストレス）は物質の中にある力で往々人が見逃すため力のゆくへを失ふのであるが前述のニュートンの力を計算し、その大さや方向を限定した方式は、この歪力（ストレス）の計算にも廣く應用出來るものであつて現今學者の注意を引いてゐる。

さて今まで大分退屈な初歩の原理を並べて來たが、これからは此等の原理が航空學の問題を解決し、說明するのに如何に重要であるか、實に思ひ半ばに過ぐるものがある。

▲氣球の上昇する理論

愈々空中を飛行する前に我々は先づ空中に浮ばなければならぬ。浮ぶには二つの機械がある。一つは空氣より重い機械、一つは空氣より輕い機械である。風や飛行機は空氣より重い機械であつて、氣球や飛行船は空氣より輕い方である。先づ氣球の方から說明を始めて「氣球は如何して地表から上るか」と云

ふ疑問に答へる。處が驚く勿れ、これは氣球が未だ嘗て上らぬ二千年も昔に於て已にアルキメデスがこの答をして了つた。

彼は液體の中に入れられたる固體がその液上に浮ぶのは固體と同一の容積の水の重量が上方にこれを押し上げるのだと云つた。

考へて見ると液中にある固體には二つの力が働いてゐる。その重量Qが垂直に下方に働く。處が一方にはアルキメデスの原理によつて、水が押し徐けれた液より固體の方が重ければQはPより大きいに違ひない。その合力は下方にと同一の重量の力が上方に垂直に働いてゐる。(第四圖)

あつて固體は沈んで了ふ。

若し固體が液より輕るかつたら、即ちPがQより大きい時には固體は表面に浮いて來る。そして固體と液體とが其の比重全く同一であつたら、物體は浮き

もせず沈みもせず液中如何なる處へも飄々として逍遙する事が出來る。

これ即ち我々に氣球の上昇する理由を説明して餘りあるものである。一立方米の空氣の重量は標準氣壓標準溫度のときに一・二九三キログラムある。然るに水素瓦斯は僅かに〇・〇八八キログラムしかない。故に我々が極めて輕い布を以て一立方米の水素を包むと上方に働く合力が一・二〇五キログラムあるからこれによつて浮揚することが出來る。

即ち包布や籠や糸の重量が一・二〇五キログラムにならない限りはずん〳〵上るのである。

遂に月の世界までゆくかと云ふさうはゆかない。

また上昇力は地球上何れの處に於ても同一であるとは云はれぬ。

第一に物體の重量は何處に於ても同一であると云へぬ。

物體の重量（Poids）は地球上の各所に於ける重さ（Pesanteur）に基因する加速度と物體の質量との乘積である。

この加速度を重力 Gravite と云つてゐるが赤道より極地に至る間に重量の強弱は〇・〇〇五を增すと云ふことである。重量は地球の緯度によつて多少異るばかりではなく高度によつても違ふ。大氣中人類が昇騰し得るところ、約一萬一千米の高空に於て重量の差は〇・〇〇三ある。今假りに此と緯度の異同より生ずる差とを合せても、極地を發して赤道上一萬一千米の高空に達した氣球の重量の差は僅か〇・〇〇八の減少に過ぎぬ。これはすべて省略して念頭に置かなくてもよい。

第二には氣壓計の變化に伴ふ昇騰力の變化がある。

大氣の壓力は氣球の上昇する高度を增すに從つて變化し、また氣象が變れば

壓力も亦共に變化する。

一米を昇る毎に氣壓の八千分の一を減じて、五千五百米に至ると氣壓は地表に於けるものの半分となる。

であるから瓦斯の昇騰力もこと同樣で、瓦斯を盈滿した氣球も一米を昇るごとにその瓦斯の全昇騰力の八千分の一を減じ、之に加ふるにその減少は高度と共に益々大となる。五千五百米の高空に達すると全昇騰力は半減するのである。壓力が大になると瓦斯の容積は小さくなつて仕舞う。

かくて前に飛揚せしめた一立方米の水素氣球も月世界どころか地上數千米で止つて了ふのである。これは氣球によりて排除せられたる空氣の重量が、氣球全體の重量と同一になるのであつて、高空の大氣の稀薄な處にゆけばもうそれ以上昇することは出來ぬ。果然人間が航空するとは云ふものゝ、極めて地表に近

い一部分を飛行するに過ぎぬのである。

然し隨分高い處である。富士も足柄も足の下にある。雲は地表をこめて見えないが雞の聲は遙かに聞くことが出來る。冷たい〳〵虛空の風が頰をなでる。

此處まで漸く上つたのであるから、次に我々はこの微妙なる氣流の中を如何にして走るか、この氣球を如何にして導くかと云ふ問題が起る。此處で氣球を飛行船に改造する必要がある。

問題には二つの局面がある。即ち氣球を前進させること次に之を操縱することと。これは互に相關連したことであつて氣球に前進力が無ければこれを操縱することは出來ぬのである。

若しボートに乘つて櫓を失つたと考へて見給へ。いくら舵を動かしてみてもボートは動かない。たゞ海流のまゝに流れてゆく。舵を以て船を操縱すること

が出來ない。唯櫓が動いてゐるときにのみ、即ち船に前進力がある時にのみ舵はボートを操縱することが出來るのである。

氣球でもその通りである。そこで先づ前進力に關して局面を展開してゆく事とする。

こゝに人があつてステッキを持つて散歩してゐるとする。散歩と云ふのはある男が片足をあげて固く地上を壓する。大地はこれと同じ大さで反對の方向の力を出して之に反抗する。その力で男が前進することである。

推進機の理論も之と同一である。飛行船の推進機は非常な速力で渦卷の如く回轉するのであるが、之は空氣を後方に激しく打つのである。空氣の反動力は同時に推進機に働く、これは既に御馴染になつたニュートンの第三方則であつてこの反動力で推進機の軸は前進を始め、飛行船を空中に突進させるのである。

精しい構造は後章に譲つてある。

▲飛行機の理論

氣球の上昇する原理は極めて簡單であつた。飛行機の方もさうかと云ふと甚だ然らずである。

何故かと云ふとこれは空氣より重い機械であるからである。飛行機の原理は百年斗り前に Sir George Cayley（サージョージケーレー）によつて説明された。また Jules Verne（ジュルスバーン）の話にも不可思議な飛行機の話が書いてある。

それはたゞ傘の如く推進機を頭上に回轉して 空中に垂直に上ることであつたが、この如き夢想を實現するに當つて最も困難を感じるのはエンヂンの 重量である。

近來輕油ガソリン機關が發明せられて から飛行機が急激な發達を遂げたと云ふのも、この重量と馬力との關係が理想的になつたからである。

それまでは幾多の飛行機は皆憐れにも 熱したる無果樹の如くばたり〳〵と地上に墜ちたのであつた。

Sir George Cayley（サージョージケーレー）が飛行機の前進に關して述べた理由は次の如くである。

先づ平らかな板が空中を水平に働くと想像する。その前方が少しく上方に傾斜してゐると、板の下面は動くにつれて空氣を下方に押すことゝなる。（第六圖）

この反動力として空氣は板の下面に直角に壓力を加へるのである。

この壓力は二つの分力から成立してゐると考へることが出來る。

一分力は垂直に板を上方に押上げるものでこの力を飛揚力 Lift と云ふ事にする。圖中 CA が之である。他の一分力は板を後方に押し返さうとする水平の

力で之を推退力 Drift と名づける。圖中DAが之である。

板が平面であつてその前部が後部に比して少しく上つてゐたらば、空氣の壓力BAは殆ど板に垂直にかゝる。であるからこの時の飛揚力は推退力より遙かに大である。此飛揚力が上方に働くので飛行機の重量を支へる。推退力は前方に推進する推進力によりて打ち消される。圖にも示してある通り飛揚力に等しくなるまで飛行機の重量を增すことが出來るので、これは推進機の出す推進力よりは遙かに大である。

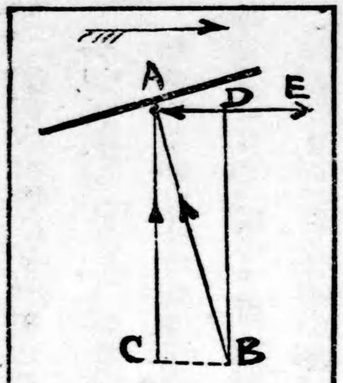


FIG.5

ヘリコプター (Helicoptere) と稱する直接に空中に上昇する機械では推進機の推進力は全然、機全體の重量に等しいのである、この飛行機では滑走と云ふ面倒な事がない。

然し飛揚力が少いため Sir. George Cayley の時代に於ける最も輕い機關でも倘重すぎて不結果に終り、百年前に噸腑の嘆を發せしめた。

發明家が最も苦心したことは推退力に比して出來るだけ大なる飛揚力を得るやうに翼を作り、重い機關を充分安全に運べるやうにすることであつた。これは難問題であつたが幸にも自動車の輕油機關が出來たのを早速應用したゝめに意外に晩近の新時代を開拓した次第である。

さて飛行機が空中にあるときは最早や飛揚力は重量を支へるだけで充分であるし、推退力はプロペラの推進力に依つて消される。唯必要なのは機全體を前進せしむべきプロペラの偉大な推進力ばかりである。これに逆ふものは空氣である。空氣の壓力は機全體にかゝつてその前進を阻止しやうとする。この抵抗

を前面抵抗と云ふのである。これは果して如何なるものであるか。即ち空中を動く物體に作用する風壓の主要なる理論を少しく述べる事とする。

第一に注意すべき事は風壓は唯その物體と空氣とが衝突する割合とその方向とのみによつて強弱があると云ふ事である。

其であるから機が動いてゐて空氣に衝突してゆくと云ふことゝ、機が動かずにゐて風がこれに當つて來ると云ふことゝは全く同一である。これは考へやうによつてまた機が動くにつれて人工的の風を作るのだとしてもよい。

若し空氣が靜穩であつて飛行機ばかりが東方に四十哩の速度で走るときの風壓は、飛行機が動かずにぢつとしてゐて東風が四十哩の速度を以て之に當るときの風壓と全然同一である。また速度十哩の東風が吹く空を飛行機が東方に向つて三十哩の速力で走る時の風壓もこれに等しく、更にまた速度十哩の西風が

吹く空を飛行機が西方に五十哩の速力で走るのも總てこれ同一であつて、飛行機は常に何れの場合に於ても一時間四十哩の割合を以て空氣に出會してゐるのである。

全體、空氣と飛行機とが出會する速度が早ければ早い程風壓は大である事は明白な事實であるが、さて風壓が大なれば大なる程飛揚力が增加し、飛行機の速度が大なれば飛揚力を增加するとすれば、速度の早い機は自然と上方に登ることゝなる。

速度が減少して來ると機の重量を支ふるだけの飛揚力がなくなる。さうすると飛行機は下りて來る。この理に依つて飛行機は常に一定の速度で空を走るべき事が解かる。種々の速力を以て走らうとするには機體の一部を變形せねばならぬ。現今は主翼の一部又は補助翼を動かして、この目的を僅かに遂行してゐる。

この場合の速度は其時の風壓の下に於けるものである から風壓が變れば速度も亦從つて變化する。機體の形型を如何にすればこの風壓を加減する事が出來るかと云へばこれは全く實驗に依るの外はない。

米國政府の補助の元に Langley (ラングレー) 教授がした實驗の全記錄は航空者に取つては大切な虎の卷である。英國では Sir Hiram Maxim (サーハイラム マキシム) が幸にも莫大な資金を實驗に供することが出來てその結果を發表したが、後に英國政府はこの事業を引續き國立物理實驗室で續行する事にした。

實驗には三種の方法がある Phillips' (ヒリップス) Langley (ラングレー) Maxim (マキシム) 等が採用した方法は回轉臺と云はれてゐる長竿を水平な圓周上に置いて、物體は之の中を回轉させるのである。空中を飛揚すべき物體は等壓の風力を受けさせるために大きな管の中に入れて、この管の中には扇車を以て風を吹きこむ。この吹き込む風は等

速力で間斷なく流れるやうに注意して、その氣流の中央に極めて小型の物體を置くのである。今でも國立物理實驗室ではこの方法を採用してゐる、又この外に針金やレールに沿ふて物體を滑走せしめ前面抵抗を計算するに有力なる實驗をも重れた。

もつと粗雜な實驗は自働車やエンヂンに物體を縛りつけて風の如く風の中を引き廻すことであつた。以上は皆推退力や前面抵抗を計るにための考案である。

さて飛揚力や前面抵抗を測定する實驗は重要なものには相違ないが、型態の異る物體に及ぼす影響を說明するには他の實驗に依らなければならぬ。即ち物體が飛行するときに、其れにより空氣が受ける攪亂は如何なるものであるかと云ふ事に關しては面白い實驗がある。

物體の表面に風壓が如何に分布せるかと云ふのは少し面倒な方法ではある

が、表面に小吼を澤山並べて吼の一端は之を氣壓計に接續して讀む事が出來る。細い糸を澤山物體の表面につけて置いて、糸のもつれやそのたなびきに依つて表面を通る氣流の有樣を知ることも出來る。また最近の報告を見ると焔を表面に沿ふて燃やし、その曲折する具合で氣流を知る事も出來るさうである。最も巧妙な方法は極めて輕い塵埃か又は烟を空氣と共に流して一見直ちに氣流の有樣を知る事も出來る。

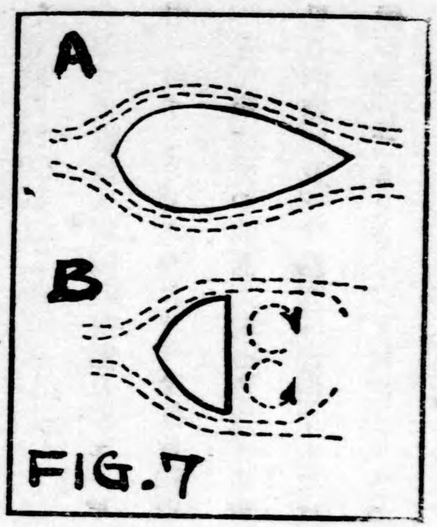


FIG.7

この方法は氣流を寫眞にとる事も出來る。

形型上で最も良好な結果を示したのは後部を長さの三分の二位の處から次第に斜面をつけて遂に全く尖端としたもの、即ち第七圖Aの如きものであつた。

頭首は鋭角でなくてもよいが幅の最も廣い處は前頭からの距離が全長の三分の一より大であつてはならぬ。

飛行機に關する著書を見ると何れも鱈の頭のやうな形がよい。又は鯖の尾が理想的であると書いてある。この第七圖Aの形は流線形と稱せられてゐるがこれは少しもB圖のやうな渦流を作らない。

鳥でも魚でも凡そA圖の如き型を成してゐるのは注目すべき事である。鳥は魚に比して少しく幅が廣いやうであるが、これは液體と氣體とその性質に差があるところに基づくのである。

これは飛行船の瓦斯袋の構造を見ると思ひ半ばに過ぐるものかある。唯飛行

機の力は前面抵抗を少くするため魚さは餘程異つた型をなすのである。

二つの物體を近接して置く時と遠く離して置く時とは前面抵抗が著しく違ふ。數多のものが比較的近接して並んだときはその前面抵抗は頗る莫大となる。これを防ぐには總てを幕の如き者を以て包むにある。往々飛行機の エンヂンや坐乘部を蔽ふてあるのはこのためである。

飛行機の主翼面の形の最も良好なるものは頗る面倒な圖形で示されるのであるが、先づこゝに理論としては翼比に關して一定の方則がある。

主翼のある一部に空氣が來て之を押し上げたとしたら同時にその部分は新來の空氣を下方に押下げた事になる。この押下げられた空氣は最早主翼を飛揚させる力がない。これが翼に沿ふて翼尾の方へゆく途中は例へ多少主翼に衝突する

る事があつても、飛揚力を飛行機に與へることは極めて僅少である。即ち初めの一撃で風壓は主翼に上昇力を與ふるので其後は唯翼面に沿ふて流れるに過ぎない。その流れるに隨ふて翼から下向運動を受けるやうになつてゐる。故に翼の前部が最も多く飛揚力を作る。翼の中央以下の後部では殆ど飛揚力を作らぬのである。

この理由に依つて主翼は前部が一番厚くて後部に至る程薄くなつてゐるのである。

此の主翼の前部より後部に至る幅と翼の長さとの比を翼比（Aspect ratio）と云ふのである。

現今の飛行機を看ると一對五乃至一對八の間にある。

飛揚力を多くするためには翼の後部を下方に曲げて空氣がこの部分に於ても

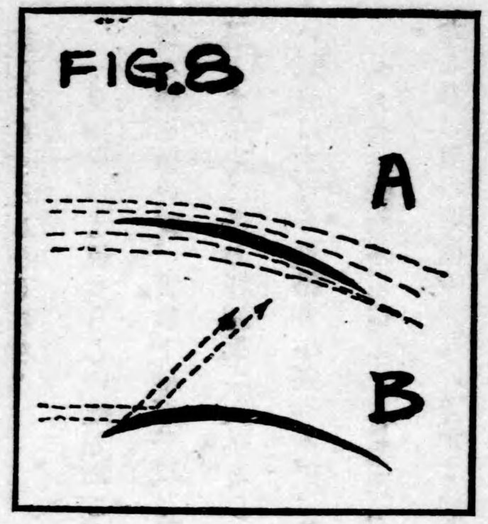
尙上昇力を出すやうにするのであるが之には一定の極限がある。この邊に於ける風壓は殆ど水平であるから翼を曲げると後退力（ドリフト）を多くする怖れがある。飛揚力（リフト）は後退力に對して遙かに大でなければならぬことは已に述べた處である。その外にもなほ面倒な事には、翼端に近い處の空氣は翼側に逃げやうとする傾向がある。これは翼幅を大きくすると愈々著しくなるのである。

そこでどうしても翼比が一定することゝなる。

翼の形狀も此等の事實によつて定まる。西曆千八百八十四年に Phillips（フィリプ）が翼の最も有利な切斷面を發見して特許を得た。その後滑走機で名を上げた Lilien（リリエン）Tal（タール）が凹狀翼が利益であると主張した。その何れが效率がよいかと云ふ事に關しては雙方とも其見解を異にした。

先づ翼の前端の平坦な下面に空氣が衝突したと假定すれば、翼は急激な衝動

を受けて上方に上り、空氣は下方に逃れ走らなければならぬ。この衝動を以て空氣を下に追ふことはよくない。次第に漸次に下方に向はしめる方が好結果であることは一般に認められた。



これは飛行機ばかりでなく風車、回轉扇の推進機、及びタービン機械等總て同一である。

プロペラでも急激な衝動は避けてある。この說によると翼の前端では始め空氣が切線の方向から衝いて來る。

前圖Aに示したやうに次第に後方に至るに從つて下方に方向を轉じてゆく。

然るに Phillips（フィリプ）は翼端の說を唱へた。彼は翼の前端を下向にさげたものが

よいと云ふのである。前圖Bを見るとよく解るが彼は翼の前部の曲率を頗る大にして空氣をしてその上面を打たせると、上部の壓力を少くするから飛揚力が多くなると云ふのである。

一見如何にも眞實らしい處もある。この外種々の說があつてなか〳〵その雌雄を決し難いが、實驗上殆ど平坦な翼に少しく曲面をつけたものが飛揚力と推退力との比に最も好結果を與へるらしい。曲率の大なるものは表面積の少くない割合に大なる飛揚力を與へるが、飛揚力と推退力との比は思はしくない。

ある飛行機製造者は少し位推退力が多くても強いエンヂンをつければよい。なるたけ翼の面積の少ない方がよいと云つて曲率の大きい翼を造つてゐる。

主翼の構造に關して二三の名稱を述べる。

翼が最初空氣と衝突する端を翼頭（Entering edge）空氣が最後に翼と離れるところを翼尾（Trailing edge）翼頭から翼尾に引いた一直線を弦（Chord）

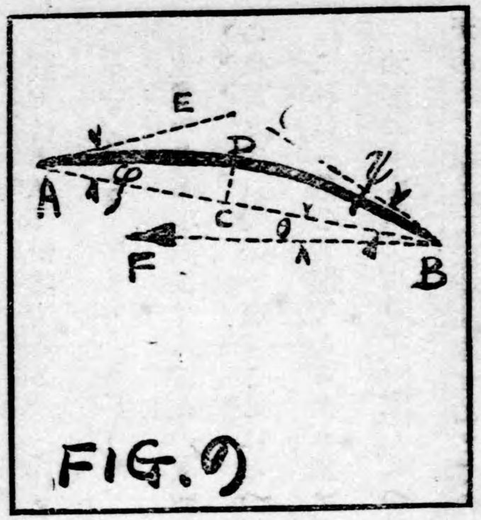


FIG. 9

翼頭に沿ふて計つた翼の長さを翼長（Span）。前に述べた翼比とは即ち翼長と弦との比である。翼と弦との距離を上反り（Camber）と云ふ。上圖のCDは上反りである。飛行機が進行してゆく線を飛行線。弦が飛行線となす角を飛行角（Angle of incidence）と云ふ。上圖のFBを飛行機の進行方向とすれば、角即ちABFが飛行角である。BFは飛行線であつて、Aが翼頭、Bが翼尾である。

翼頭の表面に於ける切線AEと弦ABとのなす角を翼頭角（Angle of entry）と呼ぶ。

圖ではEABが其である。これと同樣に翼尾に於ける角GBAを翼尾角（Angle of trail）と云ふ事にする。

主翼の曲率を表はすには此の翼頭角と翼尾角及び最大の上反りの大きさとその位置とで以て云ひ盡すことになつてゐる。

これは一般の習慣であるから篤と御承知ありたい。

元來日本に於て用語が一定してゐない事及びその妥當せざる事は甚しいものがある。初めに餘程注意せぬとこの新しい科學の將來に害を及ぼすことが實に僅少でない。

無茶苦茶な用語が一度擴がつたら最後に至つて甚だ不便を感ずるに至るのは火を睹るよりも明かである。

あとで之を一々改正するのは難事であつて市區改正どころの騒きでは追つかない。

著者はつとめて一般的（ポピュラー）な正確な術語を一日も早く一定して その統一を畫することを望んで止まぬ次第である。

本書に採用した術語は著者が最も敬意を表してゐる 故武石浩玻氏の遺志を擴く世間の明るみへ出したい考へから、此の空中の新犧牲者の筆意を留めた事を諒せられたい。

以上で氣球の上昇する理論と飛行機の飛揚する理由とは凡そ了解せられたが、尙飛行機の翼に關し二三の注意や書き遺した事を補遺して本章を結ぶこと

とする。

翼は輕くて、丈夫で、風壓に對しても抵抗が充分にあつて、決してぶわ〳〵したものであつてはならぬ。

一般にフランネルのやうな輕快な丈夫な織物で二つの支柱に保護せられたる數多の助材の骨組を蔽ふてゐる。

翼の兩面を蔽ふたものを二重翼と云ひ、その一面のみに布を張つたものを一重翼と云つてゐる。

二重翼の場合には兩面の距離を割合に離した方が結果がよいので、ある厚みのある沿木を中に入れて翼を堅固にしてある。この方法を採用すると支柱や保弦索を少くすることが出來て便利である。

ウエンハム Wenham が澤山鳥を捕へ一々その翼を調べて見て主翼の理論に關し著明な結果を得たが、翼の厚いのは一向物質的に比難がない。厚さが翼幅より少い間は如何に厚くても飛行に障害はないと主唱した。

主翼は一枚でも二枚でも差しつかへない。單葉と復葉とは主として この主翼の數で區別する。復葉では二枚の間を支柱と保擁索とで丈夫に保持してゐる。

現今はこの單葉復葉の兩式が最も勢力のある飛行機で時には三葉式もない事はないが、三葉式で成功した者は唯一つ英國にアブロプレンがある計りである。

Phillips は物好きにも五十葉式と云ふエライものを作つた。二十二呎ある翼を一吋半づゝ距てゝ並べたもので、翼幅は二吋しかなかつたが、少しは飛んだやうであつた。然しとても實用にはならぬ。百足は誠に足並みが多くて立派ではあるがその走るや蝗にも如かない。

蒼空を飛揚せる鳶を見ると以上の理論の來る所以が解かる。鳶の翼は大なる

翼長を持つて擴がつてゐて翼幅は存外少くない。翼の裏面は弱い彎曲を有してゐる。灣曲の頂點は翼頭に近い處にある。鳥の胴體の形態も第七圖Aに示したやうに、空氣の前面抵抗が少くないやうに出來てゐることは已に述べた處である。鳶が中空に輪を畫いて高く翱翔してゐる時は殆ど翼を動かさぬ。唯扁平な尾を動かして安定を保つてゐる。これは飛行機の航空狀態と極めて酷似したものである。

また風もよく同樣に飛行機の原理で空中に搖戈し摩界を見下してゐるのである。

風が同じ小丘の上に糸に引かれ、飄々としながらも同一の位置を占めてゐることは、風なき日に風がひとり相當の速度で空中を飛行してゆくのと同一だ。飛揚力と推退力とは等しく風によつて作られるが、風の場合には糸で推退力を

打消して了ふ。推退力が飛揚力に比して大なるときは風は地平線に低く飛ぶ。飛揚力が推退力より遙かに大なるときには風は自身の目方や糸の重量には餘り關係なく殆ど直角に近く空中に飛揚するのである。

風の糸は飛行機のプロペラやエンヂンと同一の作用をなしてゐる。其他風の構造と飛行機の構造とは全く同じ問題で解決せられるのである。

こゝに本章を結ぶに當つて主翼面積と飛行物の重量とは如何なる關係があるかと云ふ實例を一つ揭げて置く。

次の表は Mouillard（モウラード）が種々の鳥を捕へその羽翼の一平方呎に有する重量を調べて作つたものである。

これを見ると一見して飛行機は甚だ大きいやうであるが實は重量の割に小さく出來てゐる事がわかる。

單位は封度である。

▲鳥の重量と飛行機の重量との比較

▲鳥の名稱	▲重量
△蝙蝠（一平方呎につき）	○、一三一（封度）
△燕	○、二七六
△雲雀	○、三二七
△雀鷹	○、三三三
△雀	○、四一四
△鴟	○、四二六
△梟	○、四四三

△鳶	○、四五七
△鶴	○、四九五
△白嘴鴉	○、五七五
△千鳥	○、七二五
△エジプト兀鷹	○、八四八
△鶉	○、九二七
△灰色ペリカン	一、三六五
△雁	一、七〇八
△七面鳥	一、九一〇
△鴨（雌）	二、〇〇八
△鴨（雄）	二、二八〇

▲飛行機の名稱	▲重量（一平方呎につき封度）
△ライト	二、〇〇〇（速力三十四哩）
△ゴデイ	二、一七〇（速力——）
△フアルマン	二、七九〇（速力三十五哩）
△ボアザン	二、四二〇（速力——）
△カーチス	二、六三〇（速力五十一哩）
△アントアネツト	三、二九〇（速力四十二哩）
△プレリオ（競爭用）	三、四三〇（速力五十七哩）
△プレリオ XI	四、三〇〇（速力三十六哩）
△プレリオ XII	四、一四〇（速力三十六哩）

△プレリオ XIII	五、二〇〇（速力三十八哩）
△サントスヂユーモン	三、五〇〇（速力五十六哩）

▲世界速力のレコード

△游泳　一時間	二、六五哩
△徒歩	九、一一哩
△ボート	一二、七七哩
△かけ足	一四、二〇哩
△スケート	二七、一九哩
△汽船	三〇、五三哩
△馬車	三七、六〇哩

△競馬　三七、六〇哩
△モータボート　三七、九三哩
△飛行機　五九、〇〇哩
△自轉車　六三、〇〇哩
△自動自轉車　八四、〇〇哩
△鳥　八五、六六哩
△汽車(廣軌)　一二〇、〇〇哩
△電車　一二八、五五哩
△自動車(競爭用)　一三一、七五哩

第二章　推進機

▲共通な理論▲直徑の大小と滑り▲プロペラの理論▲効率▲材料▲直徑と回轉數との表▼

動力及び反動力の方則は既に述べた處である。溪流に掉さす船は地を後方にやらうとして、うんと押す力が船頭の動力で、地球と云つては少し大きすぎるが、即ち河底の反動力は船頭と掉とを同じ力でうんと押し返す、そこで走るのである。

飛行機及び飛行船は全く空氣で圍繞せられてゐる。推進機が唸りを生じて空氣を後方に押し送る力に反對して空氣が出す反動力は即ち飛行機又は飛行船を前方に推進させることゝなる。

プロペラば全く螺旋と同一で一つの主軸がある。之に稔(ねぢ)が切つてあるのと考ふべきであつて、螺旋が一回轉して進んだ距離を節(ピッチ)(Pitch)と名づける。即ち推進距離がこれである。若し空氣が動かないものと假定したら、プロペラが一回轉する毎に飛行機は一節だけ進む筈であるから、飛行機の速度はプロペラの一時間の回轉數に節を乘じた數を以て表はすことが出來る。

ところが實際にさうはゆかない。プロペラの壓力は空氣を後方に押し飛ばして了ふから空氣は動かずにゐるわけにはゆかない。プロペラの前方にあつた空氣は吸ひ込まれるし、プロペラの回りにあつた空氣は後方に吐き出されて、其の附近には空氣の渦流が出來る。その結果としてプロペラは螺旋が固體中を進むやうに早く進むことは出來ないプロペラが前進した距離と空氣が後方に押し行けしか進まない。換言すれば、プロペラが固體中を回轉するものであるとしたら、正に斯くべき節(ピッチ)であつてプロペラの和に等しき距離を其一回轉毎に進む筈である。

この空氣に與へる速力のことをプロペラの滑り(Slip)と云つてゐる。そこでプロペラには滑りがれた距離とを加へたものが實際にプロペラが進む

(1) 徳川式プロペラの圖
(2) シヨビエー式
(3) ポアザン式

あるから實際の設計をするときにこの滑りの大さだけを理論上の節（ピッチ）に加へなければならない。

例へば一時間に四十五哩走る飛行機があるとすると、これは一分間には三千九百六十呎走るのであるから、プロペラが一分間に一千回轉するN、E、C、型三十六馬力のエンヂンを使用するとすれば、プロペラの節（ピッチ）は

$$\frac{3960}{1000} = 3.96 \text{呎}$$

約四呎以上なければならぬと云ふことになる。

節（ピッチ）な大きくすれば大きくする程飛行機の速度は早くなるやうに考へられるが實は然らずであつて、節（ピッチ）の大きいものは附近の空氣を掻き廻す計りで餘り後方に押し行らないから、葉身（ブレード）の振動を多くするに過ぎない。

飛行機の特有な速力に對しては實際上に唯一つの節（ピッチ）の値があるのみである。

プロペラの葉身（ブレード）が廻轉して畫く圓の直徑をプロペラの直徑と云つて、この葉身（ブレード）のとゞく處にある空氣はすべて運動を受ける。

こゝでまた理論上の假定をする。即ち我々の思索上都合のよい樣に、後方に押し行られる空氣は切口が圓形をなしてゐる處の圓柱形の空間であるとする。

さうすると力學の方則に依つて、飛行機を前方に推進しそれと同時に空氣を後方に押し退ける力は、單位時間内に押し退けられた空氣の量とその速度との乘積に比例する事を知る。であるから空氣を後方へ押し退ける仕事、即ち空氣を動かすために費されるエンヂンの力の量は、同量の空氣に速度の二乘を乘じたものとなる。

全體、力學は數學的なものであるからすべての方則を式で明示することにな

つてゐる。

こゝにmを以て單位時間内に押された空氣の量を表はし。Vを以て空氣の速力を表はし。Fを以て空氣を動かす力を表はし。もう一つWを以てエンジンが出す仕事の量であるとすれば

$$\left.\begin{matrix} F = m\,V \\ W = m\,V^2 \end{matrix}\right\} \quad \cdots\cdots (1)$$

の二式を以て簡單明瞭に、前にごたゝと述べた事をすつかり表現してゐる。

電氣の方でも之と全く同一の現象があつて、

物理の書を見るとすぐに書いてある事だが、針金の抵抗をγとし、電流をIとし、電壓をEとし、もう一つWを以てダイナモが出す仕事の量であるとすれば

$$\left.\begin{matrix} E = \gamma I \\ W = \gamma I^2 \end{matrix}\right\} \quad \cdots\cdots (2)$$

水力學でも勿論之と同じ型の式から理論を發してゐる。

世界の理論はその根本を總て同一の處に發してゐる。電氣でも機械でも、水力でも、空力でも、人力でも皆同じ共通の方則から走り出す。

さて本職の方のプロペラで滑りがLだけあるとし。mを以て押された空氣の量を表はし。Pを以て空氣を押す力を表はし。もう一つWを以てエンジンがこの滑りを生ずるために出す仕事の量であるとすればこれも亦

$$\left.\begin{matrix} F = m\,L \\ W = m\,L^2 \end{matrix}\right\} \quad \cdots\cdots (3)$$

と云ふ式で示される。さて滑りと云ふものは唯空氣が後方にやられる事であつて飛行機の前進には直接に役に立たぬ。この式のWと云ふエンジンの出す仕事の量はすべて空費せられるものである。

この量を宜しく小にしなければならぬ。

ところが、これは滑りの二乘に比例してゐるのであるからプロペラの滑りを出來るだけ小さくせねばならぬと云ふことが解かる。

また一方のmは押される空氣の量であるから、プロペラの直徑を大にすれば第一式に示した仕事の量を大きくする事が出來る。であるからプロペラは直徑が大で滑りが小なものでなくてはならぬ。

若しプロペラの直徑が小であつたら滑りはどうしても愈小さくなければ同一の索引力が出ぬのである。

速力を大きくするにはプロペラの節（ピッチ）を大にしなければならぬ。節（ピッチ）を大にすることは滑りを大にするに過ぎぬのであるから、どうしても節（ピッチ）を元のまゝにして置いてプロペラの回轉數を增すより外に仕方がない。

プロペラの直徑が大であつたら回轉數は少くてよい事となる。これは滑りが少くないから機械の勢力（パワー）を消費する上から考へて見ても經濟的である。

然しこれは問題の一側面を見た許りであつて、他の側面では直徑の大なるプロペラは必ずしも良好であると斷言出來ぬものがある。否、かへつて直徑の小なるものがよいと云ふ結論を逃ることゝなる。

大なるプロペラは重量が多い。この重いと云ふ事はエンヂンの荷重を多くするから製作上不得策である。

若し大なるプロペラを使用してその回轉數が僅少なためにエンヂンの回轉數と差違が出來たとしたらば、齒車か又は調革（ベルト）を以てこの二つを連結しなければならぬ。

齒車にも調革にも一定の損失がある。

そこで先づプロペラは第一に滑り(スリップ)によつて力が損失となり、第二には歯車で幾分か失はれるからこの兩者の損を比較し、その重量の大なる不便を考へて、最後に最も有利な寸法を決定しなければならぬ。

飛行船や飛行機に使用してゐる輕油機關(ペトロルエンジン)は一般に非常な早い回轉數を持つてゐて少くとも一分間に千回轉以上はする。

こんなエンヂンをプロペラに直結すればどうしたとてプロペラの直徑を大にすることは出來ぬ。

このために滑りが大となつてエンヂンの力はいくらか減少せられるが、歯車(ギヤリング)や調革(ベルト)の損失は少しもない。

そこで斯の如き小徑のプロペラが殆どすべての飛行機及び飛行船に應用されてゐるのである。

或る特別の飛行船や二、三の飛行機では大なるプロペラを使用してゐるが、之は歯車で以てエンヂンと連結をなし決して回轉數の少くない大型のエンヂンを使用してゐるわけではない。

プロペラの葉身(ブレード)が全身同一なる單稍を有る事は極めて稀であつて、多くは軸と隔たるに從つて節を少しづゝかへてゆく。これが最も好結果を擧げてゐる。

理論上面倒な解決を試みても何の役にも立たぬ。

皆、實驗のみに依つて葉身(ブレード)の形を定める。プロペラの節(ピッチ)は唯、單に軸と隔たるに從つて變化する許りではなく、葉身(ブレード)の端から後方にゆくに從つても亦その曲率を變化してゐる。プロペラにつける葉身(ブレード)の數も亦實驗で今の處二つがよいとなつてゐる。

茲で一寸注意までに述べて置くがプロペラの製造會社でよく、一分間幾回轉したときに推力（Thrust）が幾等あると廣告してゐるがこれは全く無意味のことである。

何故かと云ふと二つの理由がある。

先づ第一はこの製造會社の試驗は平穩な空氣中で靜止せるプロペラについて行つた實驗である。

第二にある特種の回轉數をしたときに推進機が生じた推力は左程重要の事でない。

例へ非常に大なる推力が強力なるエンジンで得らたとしても重ければ何の役にも立たぬ。そんな強力なエンジンは必ず重量が多い事は廣告には書いてなくとも大抵氣がつく事である。

エンジンの出す一馬力に就ての推力は最も有意義であつて之によつてプロペラの效率は定められるのである。

プロペラの葉身（ブレード）の形は實驗によつて定められるとは述べたが、その中に一般的な理論がない事もない。これは主翼面の形を述べた處のものと殆ど似てゐる

▲プロペラの理論。

飛行機の主翼は空氣を下方に壓迫したのであつたが、プロペラの葉身（ブレード）は空中に回轉して空氣を後方へ押し退けるのである。之に加はる風壓は二つの分力に分つことが出來る。一つはプロペラの軸と並行なるもの、他は之と直角にあるもの、この二つである。

プロペラの軸と並行にある力は飛行機を前方に押す處の有用なる力であるが、

ゐと直角にある力は無用であるのみならず葉身（ブレード）の運動を阻止しやうとする力である。これは發動機の力で消失されなければならない。

それであるからこの力と有用な力との比は出來るだけ小にすべきである。

これは飛揚力と推退力との問題に全く同一である。

唯一つ違ふところがある。それはプロペラでは葉身（ブレード）の端とその軸に近い方とはその運動の早さが違ふ。端では非常に早いが軸の方はこれ又非常に遲い。

〻が主翼と違ふ點である。

先づ始めに葉身の形ちは理想的に出來てゐるため之が回轉しても少しも空氣を攪亂しないとする。

即ち空氣は寒天（カンテン）の如く心太（トコロテン）の如きものであるとする。

この時には葉身（ブレード）は稔（ねぢ）の如く回轉につれて進むから推力は少しもない。次に葉身（ブレード）

の形を變へて後部に於て空氣と衝突するやうにすると葉身（ブレード）の動くにつれて寒天（カンテン）は後方へ押しつけられる。之と同時に寒天の反動力でプロペラは飛行機と共に前進を始めるのである。

翼比の理屈と同じく葉身（ブレード）の幅がプロペラの長さに比して餘り廣いと云ふと推退力を多くする。空しくエンジンの力を損失する分力が多くなる。

また重復板の理屈で葉身（ブレード）の數は餘り多すぎるといけない。葉身（ブレード）同志の間に邪間な渦流が出來て思はしくない。

船頭多くして船愈々進まず、遂に山に登ると云ふ事になる。

葉身（ブレード）の形ちは前端の方が凸狀をなし後部の方へゆくと凹狀をなしたものがよいが、面は極めて滑めらかな事が必要である。表も裏も滑かでなくてはならぬ

葉身（ブレード）の前端は恰度主翼の翼頭の樣に少しく曲げて尖端（チップ）を作り、又は次第に傾

斜をつけ空氣の當りを平滑ならしめる。そうして振動や激動を防ぐのである。

▲プロペラの效率

本章に於て少しく理論上の推進を試みる。

決して深く高く理論に馳せ入るわけではなく、ほんの初等の力學を以て解決出來るプロペラの效率を考へてみる。

まづ最初プロペラは靜止してゐて、之を圍繞してゐる空氣もまた寒天の如く靜止してゐたと假定する。

この如き假定は何のためかと云ふと、プロペラが動き出すときに、その周圍には初めから空氣の攪亂がなかつたと云ふ虫のよい約束をして、理論の進行を容易ならしめるためである。先つPを以て推進力の總和であるとする。

次にmを一分間に動かされた氣體又は液體の容積とし。Vを動かされた機體の速度とし。vを後方に押された液體又は氣體の速度とし。以上の單位はすべて絶對單位で表はすこととすれば前節第一式で示した樣に

$$F = m V \quad \cdots\cdots (4)$$

次に一分間の間に有效的に費された仕事の量は

$$F V = m v V \quad \cdots\cdots (5)$$

を以て表はされる。

さて液體または氣體に與へ去られた勢力（エナルギー）は一分間に

$$\frac{m v^2}{2} \quad \cdots\cdots (6)$$

だけの量であつて之は損失せられる仕事の量を示してゐるのである。

故に勢力（エナルギー）の總和、即ち有效的に費された仕事と損失となつた仕事との和は第五式と第六式との和であるから

これが機械即ちプロペラの出した全體の仕事の量である。然るに實際役に立つものは第五式に示した量でこれが有効的に飛行機を前進させる。全體効率と云ふものは消費された仕事の全量とその内有効に使用せられた量との比例を以て表現せられるのであるから、此の時のプロペラの効率は

$$\text{効率} = \frac{\text{有効仕事の量}}{\text{全仕事の量}} = \frac{\text{第(5)式}}{\text{第(7)式}}$$

$$= \frac{mvV}{mvV+mv^2} = \frac{V}{V+\frac{v}{2}} \quad \cdots\cdots(8)$$

これが理論的にプロペラの効率を制限してゐる式である。一見して解かるやうに機體の速力Vが大なる程プロペラの効率はよくなる、後方に押される氣流の速度vが遅い程即ち小なる程効率はよくなる。

然し空氣は寒天の如く靜止してゐない。また幾分かは渦流を生ずる。その上にプロペラの葉身（ブレード）を去る空氣の速度は何處も總て同一であると云へない。そのために之等の事實を考へに入れたプロペラの効率の式は、第八式に示したものより少しくその分母が複雑して來る。然し大體此式と大差なく、また根本は同一である。どんな式かと云ふと

$$\text{効率} = \frac{V}{V+\frac{v}{2}+\frac{\Sigma m(x^2)}{2mv}} \quad \cdots\cdots(9)$$

即ち第八式の中にない一つの新しい數量が加はつてゐる。この中のxはプロペラが空氣に與へた平均速度より少し早かつたり、少し遅そ過ぎた速力を表はしたもので、早ければxは正（プラス）の符號であり、遅ければ負（マイナス）の符號である。

Σ（シグマ）m（x^2）と云ふ文字は此等の遅かつたり、早かつたりした種々の速度を總て加へたと云ふ意味である。

しかし式を見るとこのxは二乘になつてゐるからその符號の正負何れに關せず

$$\frac{\Sigma m x^2}{2 m v} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (10)$$

なる數量は正（プラス）の値を有する。

その結果第九式は第八式に比して分母が大である。即ちこの効率は前の簡單な假定のもとになつた効率より小さい。その代り實際の効率の値に近いのである。

新型のプロペラが出來たら一つこの式を以て試驗をしてみるのも面白いがmを計ることが少し困難である。

▲プロペラの材料

プロペラは木製のも金屬製のものもある。

木製のものは細い木片を軸から尖端の方へ向けて並べる。一枚の板では作らない。之は丈夫にするためである。

木片は始めに丈夫に合せて鋲や膠でつける。その後に所要の形ちに削るのが普通であつて、金屬製のものは板を曲げて之を肋骨で支へてゐる。

材料としては櫻や樫を用ひるが、日本では胡桃（くるみ）を使用してみた。所澤で試驗的に作つてゐる。

船の推進機はその船尾にある。小さい船は一つか二つあるが大きな歐州航路の船になると五つも六つもある。船で外車（そとぐるま）の船は折々隅田川に見受けるが推進機を頭部につけたものはない。

これには二つの理由がある。

(一)もし船の推進機が前部にあつたら、後方に押し退けられる水は、船舶を打つて船の進行を阻止する。

(二)船舶の抵抗や摩擦のために船尾の海水は多少船と共に前方に引かれる。このために推進機は船の頭部につけることはない。反對に推進機を船の後部につけると、此海水の前進運動を防ぎ止めるのみならず、之を後方に走らしめるこの速度は船の前進運動に比べると遙かに小なるものであるから、滑り(スリップ)のために消費せらるゝ仕事の量は少さいものである。結果として推進機は最も有効的に働くことゝなる。この理論は空中でも同一である。

然し空中では水ほどその影響が著しくないから、飛行機の構造上都合のよい位置に置いてある。

復葉式ではプロペラは大抵主翼の後方にあるが單葉式では頭部の尖端にある。單葉式と雖も決して頭部にプロペラを置くのが理論上正しいのではない。後部はボートのやうに細くなつてゐてそれに尾があるから、どうしても構造上前部を擴げなくてはならぬのである。

▲重要なるプロペラの回轉數と直徑

左に參考のため主なる飛行機の有するプロペラの寸法を掲げて置く。表の中で第一段は飛行機の名。第二段はプロペラの數とその製造者の名。第三段は直徑を呎で表はしたもの。第四段は一分間の回轉數である。

次表を見てもすぐ解かる樣にプロペラの中でショピエー式が一番多く重要な飛行機に使用せられてゐる。

實物を見てもいやに曲りくねってゐるが之は全く數多の苦しい實驗を重ねた結果、最も必要な部分だけを殘して他は切り去つたゝめである。

▲飛行機名稱	▲プロペラ名稱	▲直徑	▲回轉數
△ライト	ライト式	二個	八・五	四五〇
△コヂイ	特別製	二個	?	?
△フアルマン	ショビエー式	一個	八・五	一二〇〇
△ボアザン	ボアザン式	一個	六・五	一二〇〇
△カーチス	カーチス式	一個	五・八五	一三〇〇
△アントアネツト	アントアネツト式一個		七・一五	一一〇〇
△プレリオ XI	ショビエー式	一個	六・五八	一四〇〇

△プレリオ XII	ショビエー式	一個	八・八	九〇〇
△プレリオ XIII	ショビエー式	一個	八・八	一三〇〇
△サンデユモン	ショビエー式	一個	六・五	一五〇〇

▲飛行船名				
△デリジブル	金屬製	一個	九・〇	?
△モーニングポスト		二個	一六・〇	三六〇
△ツエペリン	金屬製	四個	一〇・〇	?
△パーセバル	同船各式	二個	一〇・〇	六〇〇

第三章　發動機

▲飛ぶか飛ばぬかの運命▲四サイクルとは何▲構造▲點火、冷却、注油の諸裝置▲實例と將來▲發動機一覽表

飛空の夢が初めて實現せられんとしたとき何人も嗟嘆の聲を發したのは發動機が重いと云ふ事であつた。

汽船の蒸汽機關や工場の片隅にあるやうな發動機では、どうしても重くて飛べない。これよりもつと強力な輕いものはないかと日夜研究の汗を絞り、幾度か失敗の經驗を繰り返しながらも一歩一歩理想の域に近づいて來た。

雨の晴れたる朝、群鴉の耳朶を驚かして轟々と空中にプロペラの響を立て得たるとき、油に汚れ鐵屑にまみれたる發明家は、之を天國の歌聲の如く Bethoven（ベートーベン）

の深遠微妙偉大なる樂の音の流れの如く聽いたのである。空で鳴るか鳴らぬかこの發動機の音に最新なる一科學の運命はあつたのである。

飛行機發動機歷史の初頁は Langley（ラングレー）の模型蒸汽發動機によつて開かれてゐる。これは輕い蒸汽機關であつて恐らく地上を離れた發動機の第一番であつたらう。次に Adler（アドラー）と Maxim（マキシム）とは愈々實物の人間が乘るものを作つたが、元來蒸汽では石炭と水とが重いから、これに汽罐をつけたりすれば、とても長時間の飛行は出來ぬ。

蒸汽の性質として石炭の燃燒溫度は頗る高いにも關らず、水が蒸發するのは比較的低溫度である。これは燃料の有する勢力（エネルギー）の大部を空費することであつて無用の重量を飛行機に積んでゆかなければならないのである。

若し蒸汽機關が冷却機關（コンデンシング）でなければ一度使用した蒸汽はすん〳〵棄てゝゆく

のであるから、水が多量に必要となる。冷却機關（コンデンシング）であれば之も亦冷却に必要な水を積まなければならぬ。いづれにしても或る時間飛行を繼續するには多量の水が必要である。

今まで蒸汽の發動機で成功したものがないのは、この汽灌の重量と水の重さが邪間になつたからである。

然るに近來自働車の發達に伴つて内部燃燒發動機即ち Internal combustion engine が進歩して來たのであるが、この發動機は水もなければ汽灌もない。燃料を燃やして直ちに瓦斯を作る。之を以てピストンを回轉させるのである。

この瓦斯は非常な高熱なものであつて途中の管や辨を焼いて仕舞うから、瓦斯の發生は瀛筒（シリンダー）の中でする。

瓦斯が出來れば之に適當の空氣を混じて完全な燃燒をさせる。發火は小さな

電氣の火花（スパーク）によつて爆發せしめる。

この爆發力でピストンを押しプロペラを回轉させるのであるが、この瀛筒（シリンダー）内部で燃燒をして壓力ある瓦斯を作るとゝ云ふ事が在來の蒸汽機關に比して優越せる點である。

出來た瓦斯は自身の膨脹によつて冷却され、瓣や管等を損傷することなくし て氣筒（シリンダー）から逃れるのである。

▲四サイクルとは何か

内部燃燒發動機は多く四輪轉（サイクル）である。これはピストンが四回往復をするときに一回爆發をするのであつて、あとの三回はその餘力で廻轉するのである。

先づ始めピストンの降下運動を始める瞬間に燃料の爆發があつたとすれば、

このピストンは下方に壓迫せられて第一の強力な仕事をする。次にピストンが上方に歸つて來る運動は排氣瓣が開いて、今仕事をした瓦斯を追ひ出して了ふこの時のピストンの行程（ストローク）を排氣行程（エキゾストストローク）と云つてゐる。瓦斯が皆出て了ふと瓣は自ら閉される。

第三にはまたピストンの降下運動がある。これは吸入行程（アドミッションストローク）と云はれてゐる通り、燃料と空氣との混合物が吸ひ込まれて來るのである。燃料と空氣の混合物が入つて了ふとその入口の吸入瓣は閉される。之のみならず總ての瓣は皆この時閉されてゐるのである。

次のピストンの上昇する行程（ストローク）は氣筒内の混合物を無理に壓縮して、上方の小さい空間に高温度を作らせる。之に電氣の火花（スパーク）を以て發火せしめ、初めの爆發した行程を繰り返すのである。即ち四回輪轉（サイクル）と云ふのは（一）爆發行程（explosion Stroke）（二）排氣行程（exhaust Stroke）（三）吸入行程（admission Stroke）（四）壓縮行程（Compression stroke）の四つの行程が一回の爆發によつて行はれるのである。

この四回輪轉（サイクル）の機關の運轉を圓滑に、常に遲速なくするにははづみ車（フライホイル）が必要である。

はづみ車は力の貯蓄所の如き作用をなし、始めの爆發行程のときに勢力を貯へて置いて、他の力なき三行程の時には之に勢力（エナルギー）を附與するのである。

はづみ車の代りに澤山の氣筒（シリンダー）を採用すれば之も亦圓滑なる運轉をなす。例へば四つの氣筒（シリンダー）があつて、第一の氣筒が排氣運動をしてゐるときに第二は爆發運動をさせ、第三は壓縮行程、第四は吸入行程をするやうにして置くと、四つの瀧（シリン）筒（ダー）はがはる〳〵に次の行程（ストローク）をしてゆくから、プロペラは常に爆發行程（エキスプロジョン）の衝動を

受けることゝなる。

瀛筒（シリンダー）の數を八個にすると其運轉は愈圓滑になる。飛行機は一般に八個の氣筒（シリンダー）を有する發動機を載せてゐる。

飛行機發動機に使用せられる輕油は石油の如く、やはり重油から蒸發して採るものであつて、普通の溫度で直ちに氣化するものである。

氣筒（シリンダー）内に輕油が入るのはある壓力で霧の如く吹き込まれるのである。唯これだけでは尙思ふやうに空氣と混じないから、特別に炭化室（カーヒユレター）と云はれてゐる別函の中で、ポンプの力で混合せられるものが多い。

この混合の分量が正確にゆかないと爆發力が弱くなるので、充分の注意がこの部分に拂はれてゐる。

▲點火裝置

瓣（valve）はすべて丈夫でなければならぬ。

氣筒内で爆發が起つたときに之に對して充分抵抗して寸分も開かないものでなくてはならぬ。吸入瓣（admission valve）は充分に混合物が入るやうに開き、排氣瓣（exhaust valve）はこれ又充分に瓦斯が少しも殘らず出てゆく樣に開かなくてはならぬ。少しでも瓣が早く塞されたりして瓦斯が殘る樣な事があつては、次の爆發の時に非常な邪間をするのは明白なことである。

此等の瓣（バルブ）が動くのは何によるかと云ふと、主軸が二回轉する毎に、恰度一回轉をなすやうに齒車で連結せられてゐる傳導軸（cam shaft）の運動によつて各適當に開閉せられるのである。

工場にある瓦斯機關や石油機關のやうに、やはり小さい發電機を主軸の上か又は、ある齒車で結ばれた傳導軸の上に載せて之を廻轉するのである。

電氣の火花（スパーク）は必要な時にのみ氣筒内で飛ぶやうになつてゐる。發電機は極めて小型であるが、充分の火花（スパーク）を出す樣に設計してあるため極めて高價なもので ある。

普通は二個か三個の馬蹄型磁石で出來てゐる永久磁場（Permanet field）を有してゐるものが多い。

▲冷却裝置

氣筒、ピストン、瓣等は常に高熱なる溫度の瓦斯に觸れながら運動してゐるのであるから、次第に損傷するのは止むを得ない、と云つて放つて置くとエン

ヂンは燒けて了ふ。

高速度の機械によりて生ずる摩擦熱は實に怖るべきものがある。

これを冷却するには二つの方法がある。一つは空氣冷却法で他は水に由る冷却裝置である。飛行機が空中を突進してゐる時は、充分の空氣が衝突し來つて氣筒（シリンダー）を冷すから角別心配はないが、氣筒（シリンダー）が比較的風に當らぬ樣な位置にあつたら、水で冷却する裝置を設けなければならぬ。

ノーム式（Gnome engine）發動機では主軸が固定してゐて氣筒（シリンダー）が廻轉するやうになつてゐるから、氣筒（シリンダー）の周圍に細き金屬製の帶（バント）を卷いて空氣と觸れる表面を多くしてゐる。これは風で冷却するに有名な發動機であつて、氣筒（シリンダー）は自ら回轉するためはづみ車の代用をなしてゐる。

水を循環させて冷却する方は一般に採用されてゐるものであつて、氣筒（シリンダー）の廻

りに狹い水室を作つてこの中に水を循環させる。即ち氣筒（シリンダー）の壁一枚を隔てゝ內には火花が飛び爆發が起つてゐるが、外は冷たい水が之を包圍して冷やかにめぐりゆくのである。

水はこの水室（jacket）を通ると熱くなつて出て來る。

これは冷却器（Radiator）に運ばれて、空氣にこの熱を傳達し元の冷たい流れになつて還つて來る。

輕油發動機の各部分は非常な速度を以て運轉するものである。主軸（main shaft and crank shaft）は一分間に千回以上も回轉する。

この急激な運動は忽ちにして軸受（ベアリング）を破り之を高熱する怖れがあるから、絶えず油を注がなくてはならぬ。

此の如き部分に油を常に循環させるやうな自働裝置も亦必要缺くべからざるものである。

▲重なる實例

自動車の發動機は多年の苦心慘憺たる改良によつて稍安全なものとなつた。之を飛行船に應用したものも少くない。飛行船では多少重量にも餘裕があつて必ずしも輕いと云ふことを主眼としない。安全であればよい。然るに之を其儘飛行機に載せると重くて駄目になる。どうしても特別に作らなければならぬ。その重量を輕減するために、材料は出來るだけ輕くて丈夫なものでなければならぬ。値段は重くても運轉費が多くても、そんな事は犧牲として顧みない。

發動機の各部は何處でも切り取れる處があつたら出來るだけ切り去つて、これ以上薄くしては安全が保たれないと云ふ處まで切りつめてある。

すべて飛行機の發動機は皆この如く、安全率を多少犧牲にしても輕いものがよいと云ふ主義のもとに作られてゐて、大抵は自動車の發動機を輕く小さく改造したものである。この自動車式のものゝなかで有名な代表者的作物を二三紹介して置く。

▲ウオルズレー發動機（Wolseley aerial engine）

ウオルズレー會社の製作に係るもので新型のものは一馬力につき八封度の重量を有するのみである。

九十度の角をなして八個の氣筒がV字形に並べられる。ピストンの行程（ストローク）五吋點火裝置は電孤（スパーク）で、水冷却、はづみ車を有する。この發動機のよい點は瓦斯炭化（カーヒユレター）室の位置がよいために、氣筒（シリンダー）へゆく瓦斯の分配は極めて揃つた一樣のものであると云ふ事である。

▲ゴブロン發動機（Gobron Engine）

一つの氣筒（シリンダー）に二つのピストンがある。氣筒は八つあるからピストンの數は皆で十六である。

總重量四百四十封度、回轉數千八百、九十馬力を出す。であるから一馬力につき四、九封度しかない。これは構造上巧みなる裝置をして氣筒の重量を減じた點がよいのである。

▲ライト發動機（Wright Bros）

四つの別々に鑄造された氣筒があつて直徑（ボーア）四、四吋。行程（ストローク）三、九吋。すべての瓣（バルブ）は氣筒の上にある。はづみ車を有する。發動機の發火裝置はあるが炭化室（カーヒユレター）はない。

油の循環は回轉（ロタリー）ポンプでしてゐるが別に特徴はない。

▲アントアネツト發動機（An'o'netto engine）

氣筒（シリンダー）の數は八つ、大きいものは十六、更に三十二あるものも出來た。鋼鐵製であつて全量十二封度。

これにも炭化室（カービユレダー）がない。燃料は齒車で運轉されてゐるポンプによつて霧のやうに氣筒（シリンダー）の中に吹きこまれる。こゝで空氣と混合せられるのである。

鐵製のプロペラが大抵この發動機についてゐる。

▲グリン發動機（Green aviation motor）

三十馬力乃至三十五馬力のものは總重量百五十封度。

回轉數は千百回轉から千二百二十回轉位の間にある。氣筒（シリンダー）は四つ。輕油の消費量は一時間に三ガロンである。

七十馬力のものは回轉數一分間に千二百回轉、輕油の消費量は四、七五ガロンである。これは製造者の言であるが、著者はもう少し多いだらうと信ずる。

▲ニューエンジン會社發動機 New engine (motor) Co.

大抵の發動機は爆發の壓力がピストンの一方から働くもの即ち單行程（single stroke）のものであるが、この發動機はピストンの兩方から交る代る壓力が働く復行程即ち（double stroke）のものである。

それにこの發動機には丁寧にも掃除をする道具がついてゐる。行程（ストローク）のある毎に非常に多量の空氣を氣筒（シリンダー）の中に押し込んで燃燒後の惡瓦斯を吹き飛ばして了ふ。近頃はこの外に尚、水で冷却する裝置をつけてゐるが、これは空氣で吹いて冷すだけよりも結果がよいさうである。

四十馬力のものは一分間に千五百回轉して速いのが自慢である。氣筒の直徑（ボーア）四、五吋。行程（ストローク）四吋。

▲イーエヌヴイー發動機（The E. N. V. engine）

設計は英國で出來たものであつたが製造はフランスでしてゐる。二列に並んだ八つの氣筒（シリンダー）があつてその間の角度は九十度である。四十馬力と六十馬力との型があつて小さい方の直徑は三、五四吋、行程（ストローク）三、五四吋、大きい方の氣筒（シリンダー）は直徑四、一三吋。行程（ストローク）四、三三吋である。

四十馬力の總長は二呎三吋。重量百五十五封度。代價七百圓、一時間の油の消費量は三ガロン。回轉數千五百。力一杯に早く廻すと加速度がついて千七百回轉し、且つ五十二馬力も出ると云ふ事である。

六十馬力の方は總長三呎。重量二百八十七封度。代價は九百圓、油の消費量は少し多くなつて四、八ガロン、回轉數は普通千百であるが、加速度をつけると千五百五十回轉で八十馬力を出す。

クランク軸（主軸がピストンの軸と結ばれてゐる部分）は最もよく出來てゐて圓るい桁腹（oreb）がついてゐる。これははづみ車の役をする

▲ドラク發動機（Darracq motor）

輕くて面白い特徴のある發動機である。これは二つの氣筒（シリンダー）が互に向き合つてゐて直徑（ボーア）四、七二吋。行程（ストローク）五、一一吋を有する。さうして唯二つの傳導子（cam）によつて四つの瓣が開閉するやうになつてゐる。

炭化室（ガビュレター）は中央に載つてゐて排氣によつて溫められる。

三時間飛行するだけの油を積んで發動機全體の重量を計つてみると百二十封度ある。

四つの氣筒（シリンダー）がある型も之と同樣の構造であつて、唯重量が二百三十封度に

増加してゐるたけである。

▲バイヤルクリマン發動機（Bayard Clement motor）

これは復葉の飛行機に適したもので四つの氣筒（シリンダー）がある。全く自動車式で直立して四つ並んでゐる。直徑三、九三吋。行程（ストローク）四、七三吋、重い代りに安全な發動機である。

運轉も頗る正確だと稱されてゐる。

然し重いと云つても實驗上一馬力につき六封度半位の目方であるならば、四十馬力を出す發動機としては一向不面目な事はない。

これで飛ばなかつたら飛行機の方が悪いのである。

この發動機の炭化室（カビユレター）は特に設計されたものであつて室（Floot chamber）の中央に霧の尖口がある。

バイヤルクリマン復葉式飛行機にこの發動機が載つてゐる。重量は二百四十二封度ある。

▲レノー發動機（Lienault engine）

空氣冷却裝置を有して好評噴々たる發動機である。

八個の氣筒（シリンダー）がV字形に九十度の角をなして四つづゝ並んだ者であつて直徑（ボーア）三、五四吋。行程（ストローク）四、七二吋。主軸は五個の軸受（ベアリング）の上に載つてゐる。この特徴とも云ふべきことはプロペラが主軸の端にないと云ふ事であらう。

近來一般の輿論は回轉數が千二百とか千八百とか云ふのは餘り早きに失してゐる。六百から八百位の間が效率がよいと云ふ事になつて來た。このためレノー發動機では傳導軸の上にプロペラを置いて主軸の有する回轉を減少してゐるのである。

日本に來てゐるモリスファルマンには、八個の氣筒（シリンダー）を有してゐるこの發動機が載つてゐる。これは空氣冷却で主軸の回轉千八百、プロペラの回轉數は九百である。横須賀にある水上のも陸上のも共に七十馬力である。

▲クレマン發動機（Clement motor）

クレマンバイヤル（Clement Bayard）會社で特にドモアゼル式の單葉飛行機に載せるために作つたものである。

氣筒は水平になつて直徑（ボーア）五、一一吋、行程（ストローク）四、七二吋。馬力は三十乃至三十二位は出る。冷却裝置としては銅の管があつて、その中を水が循環してゐる。クレマン式の炭化室（カビユレター）を備へ、油槽Oil tankは發動機の上に置くことゝなつてゐる。

▲回轉式發動機

以上の發動機は大抵自動車式であつた。發動機の氣筒（シリンダー）やピストンは固定してゐてたゞ主軸を回轉するものであつた。

これは氣筒（シリンダー）やピストンの溫度を高くする怖があるために種々の冷却裝置を施してこれを防いだ。一方に於て發動機の重量を輕くせよと絶叫してゐるのに、この如き冷却水や餘計な冷却器及びそのパイプ等を載せて重量を增してゐるのは、一見驚異の感に打たれるが、機械の構造上如何ともする事が出來ぬのである。

この問題を他の方法で遂に解いたものはノーム式回轉發動機である。今までは主軸を回轉させたが、今度は氣筒（シリンダー）が回轉して主軸は固定して動かぬのである。

從つてプロペラは氣筒（シリンダー）に附いてゐる。主軸の回りにピストンが恰度車の輻のやうに出てゐる。氣筒（シリンダー）はこの廻りに集つて風車の如くになつてゐる。

これではすべてのピストンが皆一つのクランクに連結せられてゐるのだから

發動機の重量は著しく減ぜられる。

氣筒（シリンダー）がいくつあつても軸（ベアリング）受は唯二つあればよい。

若し氣筒（シリンダー）の數が奇數であつたならば其の爆發は交互に起り、第一のものから第三次に第五と云ふ風に進んでゆく。從つて別の傳導軸（Cam shaft）がこの爆發の瓣や排氣の瓣を動かすとすれば、この軸は主軸と齒車で結合して主軸が二回轉するごとに一回轉させればよい。

かくて七つの氣筒があるものとすれば爆發の順序はI III1 V VII II IV VI I III V……の順序で間斷なく進行することが出來る。他の多くの發動機でも多少はこの車輻式の放射裝置を施したが、その冷却裝置を施すの困難なるに至つてはすべて腕を拱いてしまつた。

然しおかしい事には愈々發動機が回轉を始めると溫度は一向上らぬ。氣筒（シリンダー）

自らが空中をブン〳〵うなつて回轉するのだから、忽ち自分で風のために冷えて了ふのである。

勿論遠心力が發動機のすべての部分に作用して來る。

燃料の吸入も排氣も他の方法に依らなければならぬ。

構造はそのために頗る復雜して來るが、重量の少くないのは依然としてこの發動機の優勢なることを證明して餘りあるのである。

空氣と輕油との混合物は主軸を中空にしてそこから供給した。吸入瓣はピストンの中にある。これは隨分奇拔な考へである。

然しこの回轉式發動機の欠點とも云ふべきことは、この多くの氣筒（シリンダー）筒を廻すために餘分の勢力（パワー）が消費せられると云ふことである。

この如き回轉式發動機中に於て最もよく知られてゐる、彼のノーム發動機

(Gnome engine)は、現今最も安全にして最も強力なるものであると稱されてゐるが、注油の面倒なことは豫想外なものである。

一日飛行すると云ふと其後に之を分解して奇麗に掃除せねばならぬと云はれてゐる。長距離飛行の記錄（レコード）は他の發動機が首位を占めてゐるのも少しく奇觀である。

今や普通の發動機で、回轉せざる放射氣筒を有するものを作り、之をプロペラの生ずる氣流で冷却する方法を樣々に工夫してゐるのが天下の大勢である。

苟くも飛行機に關する歐米新紙の意見や外國雜誌の評論を見たものは飛行機發動機の甚だ不完全なるを知るだけではいかぬ。

日本に於てこの研究に從事してゐる者は僅か陸海軍の極めて少數なる人々の中で、漸く片手に數へるだけ位の人數であることを思はなければならぬ。

そのなかで之に熱中してゐた一人は翼をもがれて遠くへ飛ばされた事も知つてゐなければならぬ。

著者は一時の流行のやうに思はれてはならないこの一科學が、日本に於てはデアボロの如く忘れられるのを怖れる。全世界に平和が續くか續かぬかは識者の言を待つまでもない。況んや平和な日でも二本の鐵路がなければ急いだ旅行は出來ぬと云ふやうな時代がいつまでも續くかどうか。飛空學の將來がこの發動機の問題に懸つてゐる事を知つたらば、日本の工學者は努力せねばならぬ。

今までの發動機が常に故障を續出するのは點火の不完なること。從つて爆發せざる氣筒（シリンダー）のあること。炭化室（カーヒュレター）の理想的でないこと、冷却裝置の重量と裝置法の困難なること。次は瓣（バルブ）の開閉が不完全になること。以上の諸原因のために

いつともなく發動機の出力（パワー）が減じて來る。

墜落の記錄は突風のため安定を失ふやうな場合よりも、着陸の際一時に發動機の運動を遮斷するときに往々不測の衝動が起つて慘憺たる最後を見るに至ることが多い。

事實に於て、もう二分間異變が起らなかつたならばと云ふやうな時に起つた失敗の歴史が繰り返へされてゐる。

依頼すべき發動機、安全なる發動機と云ふ聲が何處にもある。

アレキサンダー（Mr. P. Y. Alexander）は曾て英國の發動機中で二十四時間運轉するものを懸賞で募集した。

その時間以外にも多少の要求はあつたが之を滿足に切り抜けた發動機は只一つあつた。グリーン（Green）と云ふ名であつたが、しかし悲しい哉この發動機もその最後

の時間まで所要の馬力を出してゐたのではない。時間の流れゆくにつれて出す力は細りゆくのであつた。

グリーン（Green）の外に英國では E. N. V. 發動機が千九百十年の終りに長距離の記錄を作つた。

しかし英國のプレンは到底佛國の上に飛べない。極東の帝國では未だ自ら立て飛ぶに至らぬ。

徳川式と横須賀工廠式とが世界に如何なる獨創を示したのであるか。これフアルマンやカーチスと果してどれだけ違うのか。若鳥は何故飛ばぬ。鳳はどうして地を戀しがるのか。彼等は空の上に呼ばれるもの丶名ではないか。

著者は日本の空に餘り氣流の多いのを怪しむ。

若し發動機の一行程（Single stroke）の間に吸入と排氣とが完全に正確に行はれるならば、行程の數は二倍とすることが出來るのである。

そうすればこの發動機は二輪轉（サイクル）のものに等しくなる。

そうして各の氣筒（シリンダー）は四輪轉（サイクル）の機關の二個の氣筒（シリンダー）のなす仕事を遂行することゝなる。

次に發動機の進歩は善良なる金屬又は合金を作ることによつて成就せられる。其れは燃料の爆發によつて出來る甚だ高熱なる瓦斯に腐蝕されない金屬を作ることである。

歐洲製の發動機の金屬には製造冶金學で咒はれつゝある砒素化合物が存外澤山入れてある事は面白い現象である。薄くて丈夫な事が主眼であることは云ふまでもない。

若し理想的にこの如き金屬が發見せられたら燃燒は氣筒（シリンダー）の外でなされる。蒸氣機關の蒸氣の如く小さな爆發室の中で壓力を作り得たら、著者は瓦斯タービンの發明を豫期するに困難を感ぜぬ。

これは時の問題である。次に電氣のモーターは飛行機用として理想に近い。回轉數の多いこと、制御の極めて單純なることは遙かに現今のあらゆる發動機の首位を占めてゐるのであるが、蓄電器の重量が莫大なるため近き將來にこれを使用する望みはないらしい。

エヂソンが近頃ニツケルと鐵とで作つた蓄電池でさへ尙理想の域を去ること遠いのは如何とも致し方がない。

▲重要なる發動機の表（その一）

▲名稱	▲馬力數	▲冷却	▲氣シリンダー箇	▲直ボーア徑	▲ストローク程	▲回轉數
△アンザニ	三〇	水	四個	三・九三吋	四・七二吋	一六〇〇
△アンザニ	四五	空氣	二個	五・三一	五・九	一四〇〇
△アンザニ	六〇	水	四個	五・三一	五・九	一四〇〇
△ドラキュ	二五	水	二個	五・一一	四・七二	一五〇〇
△ドラキュ	五〇	水	四個	四・七二	五・五一	一五〇〇
△アントアネット	五〇	水	八個	四・三三	四・一三	一二〇〇
△アントアネット	一〇〇	水	十六個	四・三三	四・一三	一二〇〇
△イ、エス、ヴイ、	五〇	水	八個	三・三八	三・五四	一七〇〇
△イ、エス、ヴイ、	八〇	水	八個	四・一三	四・三三	一五〇〇

▲名稱	▲馬力數	▲冷却	▲氣シリンダー箇	▲直ボーア徑	▲ストローク程	▲回轉數
△レノー	五〇	空氣	八個	三・五四	四・七二	一六〇〇
△レノー	二五	空氣	四個	三・五四	四・七二	一六〇〇
△ファルン	六〇	空氣	六個	四・〇〇	四・七五	一六〇〇
△アーベ	五〇	水	六個	三・九三	五・九〇	一一〇〇
△バンハード	三五	水	四個	四・三三	五・五一	一〇〇〇
△デレゴリ	四〇	水	四個	三・七〇	五・五一	一五〇〇
△モールス	四五	水	四個	三・九三	五・一一	一七〇〇
△カーチス	三〇	水	四個	三・七五	四・〇〇	一二〇〇
△ムテル	五〇	水	四個	四・七二	七・〇八	一三〇〇
△ムテル	四〇	水	四個	四・七二	七・〇八	一三〇〇
△ライト	三〇	水	四個	四・三三	三・八一	一三〇〇

△エヌ・エス・ユー	二二	水	二個	(Two cycle) 1000
△エヌ・エス・ユー	二四	水	四個	(Two cycle) 1000
△エヌ・エス・ユー	三六	水	六個	(Two cycle) 1000

◀重要なる發動機の表（その二）

◀名稱	◀馬力數	◀重量（全重量）	◀重量（一馬力につき）	◀代價
△アンザニ	三〇	一八二（封度）	六・〇（封度）	一五六〇圓
△アンザニ	四五	二三一	五・一	二〇〇〇
△アンザニ	六〇	三一九	五・三	三一二〇
△ドラケ	二五	一一〇	四・八	二四〇〇
△ドラク	五〇	三八五	七・七	四〇〇〇
△ドラク	一〇〇	五五〇	五・五	六〇〇〇

△アントアネット	五〇	一九〇	三・八	四八〇〇
△アントアネット	一〇〇	三三〇	三・三	九二〇〇
△イ・エヌ・ヴイ	五〇	一五五	三・一	三五〇〇
△イ・エヌ・ヴイ	八〇	二八七	三・五	四五〇〇
△ライト	三〇	一一〇	六・七	？
△ムテル	四〇	二三一	五・八	三五〇〇
△ムテル	五〇	二八二	五・七	四四〇〇
△カーチス	三〇	八五	二・八	二五〇〇
△モールス	四五	二一三	四・八	二八〇〇
△ケレゴリ	四〇	一七六	四・四	？
△パンハード	三五	一九八	五・七	四〇〇〇

△ブーヘ	五〇	二八六	
△アルコ	六〇	二三〇	
△レノー	二五	二五三	
△レノー	五〇	三七〇	
△エヌ、イ、シー	一二	九三	
△エヌ、イ、シイ	二四	一六五	
△エヌ、イ、シー	三六	二二〇	

五・七	?	
三・八	三八〇〇	
一〇・〇	二四〇〇	
七・四	四四〇〇	
七・七	一〇〇〇	
六・九	二〇〇〇	
六・一	三〇〇〇	

第四章　安　定

▲顚倒と安定▲前後安定▲側面安定▲垂直安定▲スフィンクスの謎▲安定の結論

翼を交して飛ぶ鳥、翅をうち鳴らして舞ふ昆蟲、春の野には至るところ華手な飛行がある。意氣な飛揚がある。

方寸の翅膜をうち震はせるに過ぎざる彼等が、よく春風を御して遠近に舞ふ所以はただその自然の作れる安定が優越せるためである。その巧妙なる操縱に追從を許さざる經驗があるからである。

例へ飛行機が極めて釣合よく出來て、その安全なる發動機に少しも故障が起らないとしても、尙この飛行機は遠からずして地に下られねばならぬ。

然らざれば空中に於て顚倒するであらう。それには二つの原因がある。

(一)突風を受けて飛行狀態が變ること(二)機械又は材料の一部の破損。この二つであつて、結果は何れも飛行機の安定を失ひ、辛うじて着陸し得るか、若くは顚倒或は墜落と云ふ悲慘な最後を見るのである。

顚倒には二つの種類がある。(一)飛行機の前頭を上げてとんぼ返りをうつもの、又は前頭を下げてでんぐり返しをするもの次には(二)横に傾斜してよこ返りをすること。

この第一のとんぼ返りの方は飛行機の進む正しい航路から上か又は下に揺れ出して上下に迷ひ、遂に著しく顚倒の狀態に入るものである。

これは船の前後に動搖するやうな運動であつて、次第に激しくなる傾向がある。

これは飛行機の釣合に缺點があるのではない。であるから重量を加減して釣合を直しても救濟することが出來ない。この如き動搖の傾向がなくて一直線に飛行するものは安定がよいと稱せられるのである。

この前後に動搖することのないものを前後安定があると云ひ、よこ返りをせずに左右少しも上下しないものを側面安定があると云はれてゐる。

換言すれば飛行機の進む方向に上下の動搖があれば前後安定 (Longitudinal stability) がないのである。

右の翼が上つたり左の翼が下つたりして、恰度肩を振つて歩るくやうな飛行をするものは側面安定(Lateral stability)がないのである。

安定を得るには三つの方法がある。

飛行中何か少しでも動搖が起つたときに飛行機自身で元の位置に還るやうに飛行機を設計することが出來る。

これは固有安定と云はれてゐる。これ第一である、

次に座乘席が傾けばその傾斜によつて飛行機を元の位置に返すことが出來るやうにして置くものがある。

この場合には人爲的の方法によつて安定を得るものであつてこの場合の安定並びに操縱は全く同一の問題となる。この第二の方法は横須賀工廠式水上飛行機に使用されてゐる。

第三の方法は所謂自働安定裝置であつて座乘席から手段を盡して安定を得ることなく、全く自働的に動搖を制御してゆくものである。これは第二の人爲的安定を得る方法から考案せられ、改良せられた結果であつて、殆ど理想的ではあるが未だ日本にはない。

然しこの自働安定裝置を施せば素人でも易々として空を飛べるかと云ふと甚だ然らずと答へなければならぬ。

安全過ぎて其爲にかへつて不安全であることもある。何故かと云ふと先づ飛行機が地に低く着陸を試みてゐる時に、前方に一小丘を發見したとする。この時普通の飛行機では直ちに舵を取つて上方に飛んでこれを越えることが出來るが、自働安定裝置があつたらどうであろう。少し位舵を取つて飛行狀態を變へやうとしても突差の間には上へ昇らぬ。一直線に進んで丘に衝突することゝなるのである。然し一度空に昇つて了へば殆ど手を離しても飛行機は直線飛行を續行するのである。

否それのみではない。急に一方に重量がかゝつても尙この飛行機は依然として傾斜することがない。

さて上記の三つの安定の中で第一の固有安定は最も必要なものである。外界から何等の衝動や抵抗が加はらざる限りはこの固有安定によつてのみ飛行機は自制の力があるのである。この如き固有安定のある飛行機では坐乘部に何等の注意もいらない。又安定を保持するために特別の構造を必要としない。

▲前後安定

前後安定は容易に得ることが出來る。前後の固有安定は殆ど問題とならないが側面の固有安定は頗る復雜した問題となる。飛行機は一定の速力を以て前進してゐるのであるから、少々此方向に突風を受けても之に打ち勝つて進行するのである。

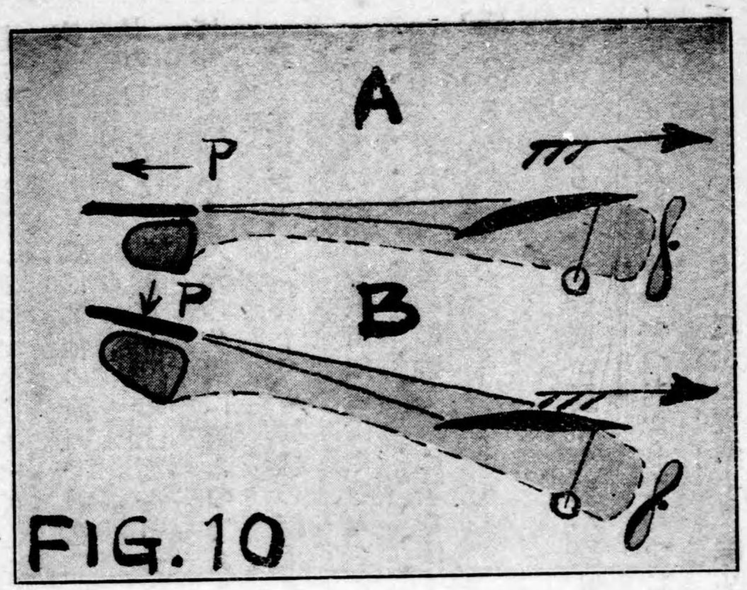


FIG. 10

然るに側面から受ける突風には少しの抵抗もない。從つて側面から一度突風が來ると忽ちにして飛行機は横返りをするのである。

この前後の固有安定に必要なものは後方に置かれたる水平の面である。

第十圖Aに示したやうに主翼の後方に水平な一面をつけると風壓はこの面の上下何れにも働かないで唯その前端を打つのみである。之は飛行

機が順當の位置にあるときであつて、この面を尾翼と名づけてゐる。若しこの時突風があつたり或は其他の原因で前部の主翼が少し下つたとする。即ち第十圖Bの如くなると風壓は尾翼の上面を打つことゝなる。さうすると主翼は上られねばならぬ。かくて元の位置に還るのである。

若し主翼が上つたとしても同樣の結果として早晩下る運命を有するのである

この尾翼の動作の敏活如何はその大さと主翼からの距離によつて定まる。動作を敏活にしその影響を大にするには距離を大にしその尾翼の大さを增せばよい。

初めて作られた飛行機が屢々失敗を繰り返へした主因は、この尾翼が小に失し且つその距離も亦少かつたからであつた。鳥が空に舞ふときにその尾を擴げてゐる有樣は全くこの理由を證明して餘りある。

風壓に一端を以て當り、少しも上下の兩面に壓力を受けない尾翼は之を中性尾翼(Neutral tail)又は不昇尾翼(Non-lifting tail)と稱してもよい。

これ必ずしも絶對に中性的で少しも上下の兩面から風力を受けてはならぬと云ふのではない。

唯最も注意すべき點は尾翼には二つの面があつて、その前部にあるものは後部にあるものより大なる角度を以て風に當らなければならぬと云ふで事ある

換言すれば前部にあるものは、その表面に比例して後部にあるものよりも遙かに大なる上昇力を有せざる可らずと云ふことである。

多くの飛行機でも尾翼が少しく上方にあつて決して主翼のある水平面にない。中には主翼と同一の面上にあるものもあるが、此の場合には主翼によつて少しく下方に押し流される氣流が尾翼に當るため、例へ主翼と同一の角度を有す

る尾翼であつても、氣流の當る角度は遙かに主翼より少くない。從つて上昇力は主翼の方が多いのである。

また或る飛行機では尾翼の方が大きくて、これが主なる支持面を形成してゐることがある。こんな飛行機の前部にある小さい主翼は上方に著しく向つてゐて、頗る大なる角度を以て風に當つてゐる。從つて上昇力は頗る大に取つてゐることを忘れてはならぬ。

一般から考へて見ると中性尾翼即ち不昇尾翼が最も良好であるらしい。ハルグレーブ凧（Hargrave Kites）やボアザン式復行飛行機はこの理屈から案出されたものであつて、大きな尾翼が主翼と平行に並んでゐて何れも安定がよい。

現今の最も成功せる飛行機を通觀すると何れも前後の固有安定の理論を採用してゐる事がわかる。

彼のライト式でさへ最初の方式を放棄し、新しく水平翼をつけてゐるではないか。然し問題には他の一面がある。

飛行機の方向轉換を容易ならしめるためからもよく考へて見ると、尾翼の大さを定めるのに唯大きくすれば安定でよいと云ふわけには行かない。尾翼の大なるものは方向轉換が至難である。何故であろう。先づ玆に竹竿があつて、ある重量が之に懸つて居ると假定する。

この竹竿を持つてぐるぐる廻りをしやうとする時に、重量が竿の端の方に遠くあれば之を回轉するのには相當の力が必要である、手元に近く重量があつて竹竿は殆ど全部からであつたら之を振り廻すのは極めて容易である。

同じ重量ではありながら自分の手元からの距離が遠くなれば愈振廻し難くなると云ふのは、是力學で云ふ所の慣性能率が大となるからである。

またこゝに一本の物さしがあつて、その兩端に重い物をぶら下げ之をまた水平に回轉してみると、二つの重量が中心に近い程廻し易い。兩端に懸るときは最も回轉を起すのに力を要することがわかる。

之と同一の理屈はまた蒸氣機關のはづみ車にもある。

はづみ車の輪の方を重くすると、之を回轉したり停止したりするのに莫大なる力を要するのである。

一軸を中心として或る物體を回轉させやうとするときに大なる抵抗を致す物體はその一軸に付して大なる慣性能率を有すると云ふのである。

即ち飛行機では慣性能率の少くない程回轉が容易である。慣性能率の少くない飛行機と云ふのは前後軸又は左右軸何れの方向からも、主翼と尾翼と何れも間はず、その各部分に高さの差が少く、大小の差が少く、距離が少ければ回轉は自在である。方向轉換は自由である。即ち安定が悪いのである。少しでも突風を受くれば飛行機は易々として回轉するのである。

これではならぬ。慣性能率を大にしなければならぬ。

前後軸の安定をよくするには主翼と尾翼とを等高とし、等長とし、その間隔をなるべく大にしなければならぬ。

左右の安定を良好ならしめるためには翼の左右何れも等高とし、等長とし、全く對稱的に作らなければならぬ。

ライト式飛行機を見ると坐乘席（パイロット）と發動機とは相並んで置かれてある。

卽ち乘者の右に發動機がある。之は上記の理論を實地に應用した者である。

他の飛行機は坐乘席（パイロット）も發動機もすべて前後の一直線上に並べてある。卽ち前の水平舵の後に坐乘席があつて、その後にタンクと發動機とがある。

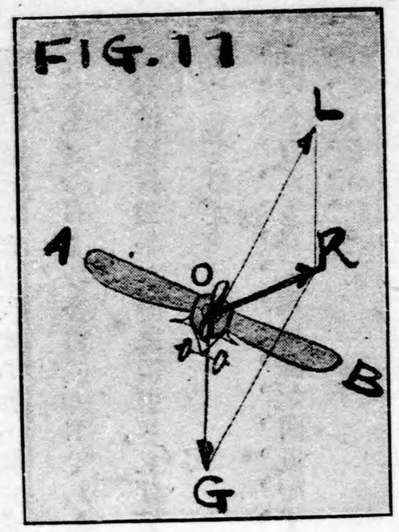
これは空氣の前面抵抗を少くして發動機の出す力を少くしたのであつて、玆その利益がある。

▲側面安定とスインクスの謎

アラビヤナイトの物語に出てる獅身人面獸（スインクス）の謎は古來解き難きものであると傳せられてゐる。

飛行機の側面安定は實に之に必敵する難問題である、

先づ試みに一飛行機があつて側面に少しく傾斜したとする。この飛行機は傾



斜しつゝも尙重量とプロペラの推進力と風壓とを受けてゐる。

風壓は傾斜前も傾斜後も一向變らないけれども、風の來る方向は飛行機の傾くと共に變つて來た筈である。

これらの風壓だとか、プロペラの推進力又は重量などゝ云ふものはすべてこの傾斜を回復する力がない事は勿論明白なことである。

然しながら上昇力と重量との合力は今までのやうに同一の垂直線上にない上昇力は元のまゝでも重量の方向は變る筈である。

この合力は飛行機を傾斜前の位置に返さうとする。

前圖でABは主翼を前から見たところであつて見る如く右に傾斜してゐるのである。上昇力は主翼と直角の方向即ちOLで表はされる。

重量は地球の重力であるから常に地面に垂直に向つてゐるOGで示すと云ふと、OLとOGとの合力はORである。

ORは飛行機を右の上に引き上げてゐる。傾斜せるものを元の位置に救ひ出さうとしてゐる。

この合力によつて飛行機が回復をするのは極めて遅い運動でなくてはならぬと云はれてゐる。

飛行機が斯く片側へ動くのは直線飛行をしないことであつて望ましいことではない。

これは船でもさうである。左へ傾いてゐる船は走るに從つて左へ向つて曲つ

てゆく。

此等のことはもつと敏活に傾斜を回復する他の幾多の手段や方法に關する固有安定の理論をも説明するのである。元來固有安定は坐乘席（パイロット）の注意を他の事に向けるやうにして、安定を保つためには努力を要さないやうに安全を計るものでなくてはならぬ。

固有側面安定をよくするために傾斜によつて生ずる側面運動は是れ即ち風壓を以て主翼の一部を押すものである。

故に風壓を生ずると云ふ事に目的が存する以上は、ある保助翼な主翼の一部につけ必要に應じて之を働かしたらどうだろうと云ふ考が起る。

一つの大きな保助翼をつけるよりも小さい二つの翼を並べてつけた方が有効

である。

一寸考へると保助翼は飛行機の上部につけたら、傾いたときに有効に之を回復する事が出來るやうに考へられるが、こんな處につけるのが果してよいかどうかは疑問である。保助翼の作用は唯回復すれば事足りるのであつて、この保助翼が餘り働き過ぎて平衡狀態を通り越して、更に反對の方向へ傾斜してゆくやうでは大變だ。

此等の事を總合して考へると二つの保助翼があることが最もよいやうである一つは前に置き、一つは後部に置いて前後の安定を保つのがよい。

垂直の保助翼をつけた飛行機の左右の安定を保つ場合にも同樣の原理である

この他にもう一つ注目すべき安定を得る方法がある。

それは主翼を少しく傾けて機體にとりつけるのである。

平たいV字形をするやうに機體につけるのである。

勿論前部から見ての話であるが、斯くするときは保助翼の作用と全く同一の效目をする。

アントアネット單葉式ではこの方法を採用してゐる。

これは實際屢々用ゐられる原理であるが、之を後部の保助翼と共に用ゐることがあるとその影響は更に著しい。

側面の安定は頗るよくなるやうである。然し一方には甚だ不便が伴ふことを忘れてはならぬ。

斯くすると發動機の勢力（パワー）を消費することも亦大である。此は見逃すことの出來ぬ障害である。

保助翼に生ずる上昇力はすべて勢力（パワー）の消費である。

これは主翼が傾斜せるために飛行機を上方に乗直に上げる力は少くなる。即ち上昇力が少くない主翼である。

上昇力を大にしやうと思つて主翼を大にすると云ふと、空氣の抵抗が多くなり、推退力を大にし、從つて發動機の勢力（パワー）を消費することも亦大となるのである。

この他にまた一方法がある。側面安定を良好にする方法として先づ推證の歸はウアイズ氏に捧げられた。

この Weiss（ウアイス）の方法は近年ダンネ大尉（Lieutenant Dunne）の飛行機に應用されて頗る成功を收めた。

これを一言以て蔽へば鳥の眞似をしたと云へばよい。

主翼や保助翼を一直線に作らず多少曲げてある。

翼の上昇力はその中央が最も多くて翼端に至るに從つて少くないやうに作られてある。

大尉の言によるとこれでは尙面白くない。翼端で上昇力が少くなるのみでなく、こゝでは返つて下降力を持たせる方がよい。このために翼の幅は至るところ異つてゐるし、翼の厚さも切斷面も變つてゐるのである。翼頭から翼尾に至るに從つてすべての狀態が變つてゐるのである。

實の處を白狀するけれど、現今未だ最上等の翼と云ふものが案出されてゐないのである。

比較的よいものが勢力があつて理論通りに作つた翼は必ずしも實地に理想通りの結果を與へてゐないのである。

兎に角、翼について二つの肝要なことがある。

一つはその切斷面を翼に沿ふて變へなければならぬと云ふことである。製作上容易な同一のカーブを以て翼を作ってゐるのは尙この新科學の進歩せざるを默示してゐる。

もう一つは翼の傾斜即ち、翼端から翼端へ引いた水平線となす翼の傾斜を、翼の至るところに於て變へなくてはならぬと云ふことである。

前に述べた平たいV字形に主翼をつけること、及び翼端に安全の保助翼をつけること等は皆此の問題の特別の場合を實現したのに過ぎないのである。

口で切斷面を翼に沿ふて變へると云ひ、傾斜を翼に沿ふて變へると云ふ事は極めて易々たるものであるが、さて之を實地に製作すると云ふことは甚だ難問題である。

現今この理想を實現した翼とては一つもない。

唯種々の方法を組合はせて辛うじて現今の安定を保持してゐるのである。

如何なる形式の翼を使用するとしても、垂直保助翼を相當な處につけなければならぬと云ふ事は、側面安定をよくする上から、必要缺く可からざる處である。

ハルグレブの凧や初めて出來たボアザン式復葉飛行機では主翼の間に垂直な幕をはり、また復葉の尾翼の間にも幕を張って側面安定を得た。

凧の場合や、だゝ滑走するだけの機械ではこの幕を張る事は上出來であったに相違ないが、現今の飛行機製作家はこの幕はどうも長所より欠點の方が多いと云ってゐる。

前に一つ固有側面安定の短所を述べて、一度傾斜したものは飛行機の進路を傾斜した方に曲げる傾向があると云ったが、もう一つ固有安定中前後側面何れ

の安定によつても生ずる不利益な事がある。

それは飛行機が縦揺れや横揺れをすると云ふことである。

若し風が種々と方向を變ずるものであつて、始めは主翼の右を吹き次に左に當り、絶えず同一の處を吹かぬと云ふと横揺れをする。もし風が種々と方向を變へて時には主翼を上方に吹きあげ、又ある時には主翼を下方に吹き下げるやうな事があると縦揺れをする。これは船の揺れるやうに揺れるのである、もし強風のときにこの如き縦揺れや横揺れをすることがあると非常な困難を感ずるのみならず危險千萬である。

風を御して飛ぶと云ふ事は已に述べた如く靜止せる空をゆるく飛ぶのと同一である。唯その速度に差があると云つたのであつたが、前には風は常に同一の狀態で綿々として吹くものと假定しての言であつた。

即ち同一の方向から常に同一の速度で吹くものと假定したのであつた。

然しこんな風は決して吹くものでない。

風は渦流を含んで緩斷恒なく、往々突如として來るものである。それのみならず場所が違へば風は必ず變つて來る。土地に起伏あれば之に沿ふて氣流も亂れ、林があれば又惡い渦流を生ずる。

比較的平垣なる所澤の練習所でさへ二三ケ所の危險なる所がある。パアセバル格納庫の屋根に近い處、鐵道線路に沿ふた隘路、先年プレリオが悲慘な最後を遂げた處などは有名なものである。

一般に云へば風速が早い程變化が多くて飛行は困難なのである。

突風によつて飛行機が顚倒せられると云ふことは少くない。これは帆船が往

往不慮の轉覆をするのと一向變りない。一陣また一陣吹き來る突風に會して次第に動搖を增し、遂に顚倒するに至ることもある。

船の設計者は始めこの危險の原因を調べて橫搖れと縱搖れとを防ぐやうに固有安定をよくして、如何なる巨浪に會しても覆ることのないやうにしたのであつたが、飛行機に於ても卓越せる設計者はこの前後安定と側面安定を保ち縱搖れと橫搖れとを防ぎ留める事は出來る筈である。然し船よりもむづかしい事は云ふまでもない。船は走らずとも漂々として波上に浮ぶことが出來る。飛行機は走らなければ墜落するより外はない。

▲スインクスの謎

先づ前後安定の問題と縱搖れから始める。

飛行機が前後の動搖を始めると空氣は飛行機の翼に種々の異つた角度を以て衝突することゝなる。

即ち上昇力と推退力とは時々刻々に變るのである。上昇力の變化は飛行機を上下させる。推退力の變化は速力を早くしたり遲くしたりする。

この動搖運動と、運動の變化することゝ、速力の變ることの、三つの中何れでも一つの事は必ず他の二つの事に影響するのである。

こんな面倒な問題を委しく研究しやうとすれば高尙な數學を引出さればならぬ。微積分や解析幾何を以て論じ去ることは著者の最も得意とする處ではあるが空中飛行の原理の論文ではあるまいし、煩雜はこの小冊子の主義に反する。

何も是非とも數學でなければ解けぬと云ふのではない。唯正確なる解決を試みる實驗の結果を數桁して之が結論を得るには數學に依らなければならぬ。これが

最も簡便で正確な方法であると云ふに過ぎぬ。

ある有名な航空學の著者は數學を主張して止まぬ。

しかし彼は數學が遂に原理を統一するに有力なる一手段に過ぎぬと云ふ事を知らぬらしい。

いくら數學の大家であつても假設が誤つてゐたら、其れから出發した理論や計算は決して正當な結論に達しない。

數學を以て飛行の問題を解する萬能の鍵で有ると思ふのは大なる誤りである。

數學的研究を以て飛行機の安定を論じこの新科學の氣運を開いたのはプライアン教授 (Prof G. H. Bryan) と、もうひとりバンゴル (Bangor) にゐるウイリヤム (Mr W. E. Williams) の二人である。今から十一年ばかり前に論文

を出したのであつた。ウイリアム氏は安定の問題を實地にも經驗した人で早に數理上の空論に馳せたのではなかつた。

彼は模型飛行機の一端にマグネシウム (Magnesium wire) をつけてその飛行の過程を寫眞にとつた。

その速度を計るためには回轉する車輪を模型の前面につけた。模型が空中を過ぎ去つた跡をこの車輪の回轉につれて表はる〻點線の間の距離を以て計算した。

さうしてその速度を調べたのである。距離が大ければ速度は早かつたのである。

これから後の研究はウイリアムの論文に委しいが、茲には遺憾ながら割愛して後日の研鑽に殘すことゝする。

横側面の安定と横揺れの問題も之と同様に復雑したものである。飛行機が左右に揺れるとその揺れる度毎に機首の進路が左右に外れるのは、傾斜した船がその進路から曲つてゆくのと同一である。これに重力が加はる。

こゝにも亦三つの運動が横側面の安定に關して相互に關連して起り來るのであるから、此の解決は面倒となるのは當りまへである。

ライト兄弟は固有安定を有する飛行機が一度突風に出會すると隨分危險な目に遇ふことを知つた。

そのために縦揺れや横揺れを嫌ふことは甚しく、固有安定を全く度外視してこれを無くしたのも注目に價することである。ライト兄弟は飛行機の製作上縦揺れや横揺れが生ずるやうなことのない、突風によつて少しも影響を蒙らないことを主眼とすると宣言してゐる。斯て出來たものは固有安定が少しもない。唯パイロット坐乘席からの動作によつて安定を保つのである。

この方法は非常の熟錬を要することである。從つて操縦者は長日月の練習を要し、その飛行中は常に注意專心に機全體の動搖を制御しなければならぬ。

これは一般の人に乘用されるには不便利な點である。坐乘席に少しの練習も要せず、その他の發動機や、航空しつゝある地上の狀態に目を注ぎ得るやうなのは必ず一般人士に當用せらるべき飛行機である。

烈風中を飛行する際に於てもライト式飛行機は特に他より優れた點を有すると云ふ事でもない。

強風中を飛行するにはアントアネット式單葉飛行機が最上等であると賞讃せられてゐるし、その上前後側面何れの安定もよいやうである。

然らば如何なる處に設計の妙所があるのか、その坐乘席（パイロット）の構造に如何なる妙味があつて推讃の辭を捧げられるのかと云ふ事を斷言するのは甚だ困難な事であるが、アントアネツト式の固有安定を利用した事がライト式の無安定なよりも烈風飛行に對して都合がよいのだ。それで安全なのであると云ふことは確然たる事である。

▲安定の結論

大空を流れる風に御して舞ふべき飛行機は常に固有安定を有さなければならぬ。前後の安定も側面の安定も共に必要であつて、兩輪の一つを缺く車は倒れなければならぬやうに、双方の何れが大切なるかと云ふ點に於ては少しも優劣がないのである。

安定の度は出來るだけ大きい方がよい。即ち優良なる飛行機は例へ突風によつて傾斜することがあつても直ちに自ら回復するものでなくてはならぬ。

安定を得るために採用された手段は如何なる風の日にも著しき縦搖れや横搖れを生ずることなく、突風に會しても顚倒しないものでなくてはならぬ。

此等の要求が總て滿足せらるべきものであるかどうかは研究に慣することである。

固有安定の不完全な處は人爲的か又は自働的の操縦によつて補はるべきものである。特に側面の安定は操縦者の才能に委して把手（ハンドル）で之を制御するか或は自働的にこれを制御しなければならぬ。

操縦の裝置は地に低く飛ぶ時程必要である。

固有安定は高空に翼を擴げて地上の障害から遠く離れたときに最も有意義で

ある。

こゝに第三の目的から必要な安定がある。

それは直線飛行をする上から、コンパスの一點を目がけて進路を少しも變へぬ必要があるときに要求せらるゝ安定である。

所が實際この安定は側面安定と相關連して離る可からざるものである。さうして完全なる直線飛行をなすべき固有安定を得ることは非常に難問題であるのみならず、現在の狀態では殆ど不可能の事に屬してゐる。

もしある原因で機首が少し曲つたとしたら、もうその曲つた方へ向つてどこまでも進んでゆく。なか〳〵元の位置に歸らない。元の位置に歸すやうな力の働く餘地はないのである。唯望みのあるところは竝に第二のある衝動が偶然に外界から起つて、機首を元の位置に歸すのを待つより外はない。

最後に直線飛行の安定のため一言して置くことは、前後安定でも側面安定でも何れでもさうであるが、突風や其の他の故障のために餘義なく衝動を受けたときに飛行機はたゞ元の如く直線運動をするやうに回復すればよい。

その方向が少し前と變つたのは致方ないとする。

此の主意を滿足するものであつたらよい。現今の科學は之を論難するの權利がないのである。

第五章　操縦

▲三つの舵▲三つの操縦▲曲り角の操縦▲上下運動
▲操縦將來の問題

柳楊低くたれて坦途の面を撫づる風がさゝやかな紅塵をあげる街角の春を、揚々として突進しゆく自働車は誠に愉快なものに相違ない。そのゆく處輕いタイヤーの軋りさへない。右左り號角を鳴らして人を避けるのは唯ハンドルを廻すに過ぎない。

自働車の操縦は水平面上に左右の舵をこればよいのである。飜つて飛行機は如何であるかと云ふと、之はまた比較にならぬ程面倒である。

飛行機に於てはまづ上下の舵を取る必要がある。

次に左右の舵も握らればならぬ。これで兩手が塞がつて仕舞のに、もう一つ飛行機が右左りに搖れる横搖れを制御しなければならぬ。これは足でするか或は操縦者が飛行機の動搖につれて身體を倚子と共に左右に傾ける動作によつて横捧を動かし、安定翼を動かすのである。後者は自働的安定裝置である。

これだけは厭でもやつてゆかなければ、飛行機は自ら好んで平衡狀態を維持するものではないから顚倒して仕舞ふ。

自働車の運轉手は一つの舵を取れば夫れ以外に操縦の才能を振ふ餘地は少しもない。

然るに道路なき空中を風に抵抗してゆく飛行機では、その坐乘席（パイロット）から或る方法を以て三つの操縦をしなければならない。第一は水平な左右軸の上に縦搖れを制御すること、第二は前後軸の上に横搖れを制御すること、第三は垂直の廻

りに衝動の起つた磁針の様に左右に揺れるのを制御すること、この三つである。

この三個の操縦には夫々(一)縦操縦又は垂直操縦(Longitudinal or vertical control)(二)側面操縦(Lateral control)(三)水平操縦又は方向操縦(Horizontal or directional control)等の名稱がある。

第一の縦操縦は水平舵(Horizontal rudder)によつて制御せられるが、一般にはこれを昇降舵(Elevator)と云つてゐる。飛行機が砂煙をあげて地上を滑走し將に空に向つて地を離れんとせるときには、この水平舵を握りうんと力を入れて之を引いてゐるときである。

水平舵は前部にあることもあるし又時には後部にもある。後部にあるものは前後安定を與へる處の尾翼の一部についてゐて、その役目は安定を保つと同時に飛行の昇降をも司るのであつて頗る重要なもの丶一つとなつて居る。

用のないときは之を水平にして置いて、必要に應じ坐乘席(パイロット)から針金又は槓杆(レバー)を以て之を制御する。

若し水平舵が前部にある時は之を上方に向けると飛行機は上昇するし、之を下げれば飛行機は下降するのであるが、水平舵を後部につけると動作が反對となる事を注意しなければならぬ。即ち後部の水平舵を上方に向けると飛行機の後部だけが上昇するから頭部は下る。

頭部の下つたまゝ走れば飛行機は陸に近づいて空から下つて來る。反對に後部水平舵を下方に向けると、飛行機の後部だけが降下するため頭部は上に向つて來る。それで飛行機は上昇することゝなるのである。

茲に少しく注意を要するのは水平舵は唯上昇と降とに使用するのみである

から、一度舵を取つて相當の高さに登つたならば舵を水平の位置に返すことを忘れてはならぬと云ふ事である。

飛行機の過程は上るに際しても、亦下るに際しても、一直線でゆくことはない。如何なる曲線で上るかは飛行機の釣合、重量と進推力との相互關係、及び上昇力と推退力との比例で定まるものである。

最も抛物線に近い曲線で上る事が多い。

飛行機に乘つて先づ空に上らうとするときは水平舵を引いて頭部を上方に向け、これと同時に發動機に加速度を以て推進を始めさせるのである。小丘を越えてゆくときは更に大なる推進力を要するのであるが、若し飛行機の安定が充分であつたら水平舵の力を借らずとも、發動機の力ですん〳〵上昇力が增すから空に上ることが出來る。

いよ〳〵發動機の力が一定の處に至ると飛行機は平坦なる前進に入るのである。

著陸をするときは之と反對で、發動機を次第に止めて推進力を減ずれば飛行機は次第に上昇力を失つて下りて來る。愈着陸と云ふ間際は頗る注意と熟練を要するので、練習生の最も苦心するのは着陸にある。滑走して上るのは易々たるものである。

第二第三の側面操縱と方向操縱とは密接な關係があつて決して單獨的なものではない。

飛行機の一方が上げられると、この部分は上昇力が多くなる。例へ他方は少しも上昇力が減らぬのにも關らず多くなる。一般に上昇力が多くなると推退力が

多くなる。

そこで上つた方の翼は少しく遅れることになる。一方の翼が遅れゝば今まで前進してゐた方向から曲るは當然である。方向操縦はこの傾向を制御しなければならない。

また飛行機が環狀を畫いて走るときは中心から遠い方の翼端は他の翼端より早い速度で動く。從つて上昇力も多い。さうすれば外側の方の翼は著しく上る筈である。

この翼の上昇を防ぐために側面操縦が必要なのである。

側面操縦の手段としては主翼の外側を歪める事が多く使用される。翼頭は固く動かないで、翼端に近い翼尾を少しく上下の方向に引き動かすのである。翼尾を下方に引くと空氣の當たる角度が多くなつて上昇力と推退力とを增し

翼尾を上げると上昇力も推退力も少くなる。この運動は槓杆か又は車を動かして操縦することになつてゐる。

主翼の一部を歪める代りに保助翼を用ゐることがある。

佛蘭西では之を Ailerons と云つてゐるが小さい傾斜をする翼で一般に主翼の左右兩端につけてある。

平常は水平になつてゐて空氣とは緣だけで出會してゐるため、少しの上昇力も下降力もないのである。

この保肋翼を押し下げたり・押し上げたりすると主翼を歪めた時と全く同一の結果を得る。

理論上から云ふとこの方が利益が多い。

若し兩端にある二つの保助翼の內何れか一方が上れば他方は必ず下る樣に構

造をして置くこと、双方の保助翼に於ける推退力は同一である。従つて飛行機の頭部が曲つてゆく筈はない。だから多少飛行機が傾斜してもこの保助機のある御陰で曲らずにすむ。尚依然として直線飛行を續けることが出來る筈ではあるが、實際さうはゆかないと見えて舵を以て多少の手加減を加へなければならぬ。机上の理論は空中でなかく實行出來ぬ。

方向操縦のためには垂直舵（Vertical rudder）が主翼の前にある事もある、後にあることもあるが、一般には後方が多い。これは船の舵と同じ作用をなすのであつて、進路が左右に外れないやうに、左右安定を保つためにも應用される事がある。

さて以上の三つの操縦を完全に行ふには人間に手が六本なくてはならぬ筈であるが、さうはゆかないので足を以て方向操縦をする。槓杆（レバー）につゐてゐる車を以て左右の動揺を操縦し、槓杆を車と共に前後に動かして昇降を制御することになつてゐる。

もつと特別なものは槓杆（レバー）ただ一本で三個の操縦が出來るものもある。どうするかと云ふと一本の槓杆（レバー）を立てゝ之が四通り動けるやうにして置く。即ち第一は前後に揺れる運動で昇降を操縦する。第二は左右に運動して側面安定を制御する。第三は上下に滑らして前後安定を制御する。最後に第四はこの槓杆（レバー）を回轉せしめて方向操縦をするのである。自轉車の把手（ハンドル）の如く回轉させるのである。

斯くして置く事は相當に面倒な仕懸けを要するのであるが、操縦者は他の片手で發動機の速度を加減したり、其他注油の瓣（バルブ）を調整したりすることが出來る、徳川式復葉の操縦は之に類したものである。

△曲り角の操縦

自轉車や自働車が街角を廻るのは唯前車を曲げればよいのであるが、飛行機が方向を變化するのは唯舵を曲げただけでは駄目なのである。

試みに飛行機が上野を發して淺草に向つた時、中空に聳ゆる凌雲閣が進路の邪魔になつて、之を右に避けやうとすれば、先づ垂直舵を動かして左へ曲るのである。

左へ曲るときに左翼は上昇力が少なく右翼は上昇力が多くなる。これは速力に差がなければ一方が進んで出て來ないからである。其結果として飛行機は左を低くして斜傾するのだけれど、この斜傾は時に大に過ぐる事があるから之を制御しなくてはならぬ。これは側面制御が垂直舵の運動と共に必要となつて來る理由である。從つて操縦者の手腕に優劣の分れる處となる。

角を廻る前作は三つに分けて考へる事が出來る。

始め今迄の直線飛行狀態から曲線に入る動作。次に圓を畫いて角を曲つてゆく動作。最後に最初の直線狀態に還る動作の三つが之である。

第一第三の動作にて側面操縦と方向操縦とが必要である。

この二つの操縦を使ひ分ける處に上手、下手がある。

この曲り角にあるとき突風を受けると操縦者は非常の努力を要する。餘程馴れた者でないと墜落は逃れられない。

數年前マースが目黒の競馬場で雲雀號と稱するカーチスの復葉を以て飛揚を試みたとき、その曲り角で忽ち墜落したのは半ば突風のために安定を失つたのに襲敗して操縦し切れなくなつたからである。

▲上下運動

上下運動も亦復雑したもので見逃せぬ難關の一つである。

上昇力が僅かの中を劈いて來て上下運動に使用するのであるから、少しでも餘計に上昇するために發動力の勢力（パワー）を盜めば、その結果として速力が遲くなつて了ふか、然らずば飛行機が降下することになる。

其であるから先つ空に上らんとするとき、即ち方向を上方に取らんとする時はどうしても飛行機が多少の高さを失ふのは免れ難き事である。

例へこの時に發動機の出力を多くして上方に向ふまではその速力に變化を見ないのである。

以上述べた事は普通の飛行機には總て當て嵌まることであるが、獨り仲間外れのものがある。それはダンネ大尉（Lieutenant Dunne）の飛行機である。この

飛行機では前に一寸云つた通り翼が鳥の羽のやうに曲つてゐて翼端に於ては風壓が下方に働いてゐるのである。

これで曲り角を過ぎるときには外側の翼端を押下げられ、內側の翼端を押し上げられる。それで側面安定の操縱は本章で述べたものとは反對になつてゐるのである。

▲將來の問題

こゝに一つの疑問がある。飛行機で角を曲るのは果して自働車や蒸氣船の回轉するやうに簡單であるかどうか？

自働車の運轉手が有する經驗と智識とを以て、角を曲る飛行機を操縱することが出來るかどうか？

この疑問に對して答ふる所は「出來ぬ事はない!!」と云ふ一語である。唯二つの能を共に取ればよい。其でなければ主翼を歪めるのである。

理想的の飛行機は何であろうとも固有安定が若しくは自働的垂直安定を有するものでなくてはならぬ。

さうして地上から滑走して上るときにもまた降下するときにも唯發動機の制御に依つてのみ成就せられ、且つ左右に指し向けるには唯一つの運動しかしない簡單な車か又は横杆（レバー）によつて爲（せ）られるものでなくてはならぬ。

もし發動機が絶對に信頼せられるものであつたら、斯くの如き飛行機で空を馳ることは自働車を走らせたり、モーターボートを運轉するやうに容易である。

斯くの如き飛行機は世界の喝采を博するのみならず、その曲り角の飛行演習に於ても、直線飛行の場合に於ても懸賞を得ることは疑ない事である。

自働安定は人爲的操縦の成功したものから改良考案せられたものである。

現今その方式を見ると多くは振子（Pendulum）の理を應用し、又は回轉獨樂（Gyroscope）を以て自働的に保助翼や舵翼（Ailerons and rudders）等を制御するのである。

ある飛行機ではこの裝置があるためその飛行中に主翼の上を歩いても決して顚倒しないさうである。

振子の理を應用したのは操縦席や坐乘部を主翼から釣り下げたものである。

回轉獨樂の方はある別の動力を以てこの獨樂を廻して置かなくてはならぬのだから、手數と費用との方から考へると隨分面倒なものである。

然しこの自働安定裝置があればその利益は莫大なものである。操縦席に居て少しも注意する處がないから、偵察でも爆彈投下でも思ふやうに出來るの

である。

多くの飛行家の泰斗が云ふ處を聞くと、どうもこの自働安定裝置の方面から次第に思索を連れてゆかなくては、彼のスフインクスの謎たる側面安定の問題を解くことは出來ぬやうである。

第六章　飛行機

▲見果てぬ夢▲降下傘▲飛行の高さ▲推進機の影響▲飛行速度と滑走▲着陸と墜落▲缺點▲空を飛ぶもの▲昆蟲類翅膜運動の衰

今から約百年前に一大戰亂を起して全歐洲を震駭せしめたるナポレオン大帝が狂暴なる獨逸を馬蹄にかけて蹂躙し、墺太利を押へ、露西亞を壓服し、將に英國を一擧に屠り盡して彼の偉業を成就せんとしたるとき、手を拱いて長嘆したのは、ドーバーの碧波、一葦帶水の間に橫はり、佛兵をして之を渡る能はざらしめたからである。

岸に立ちて恨めし氣に海上を眺めたる英雄の心事は如何、彼は佛國海軍の怠すなきを嘆じて叫んだ。

「あゝ我をして六時間をこの海上に借さば英國は是れ唯灰燼のみ！」

微風徐ろに彼の面を撫で白陽は靜かに畵いて舞ふ。彼は百萬の佛兵が飄々として虛空の雲に乘じドーバーの海峽を渡るのを見た。これ大ナポレオンが見果てぬ夢の最も悲しきものであつた。

其の後佛國に生れた人々が飛行機に熱中して航空界の王冠を得んとした事は實に偶然でない。

努力は空しくなかつた。この見果てぬ夢のあとを結ぶべく、彼の國に生れ、彼と同じ空氣を吸つた、ルイ、ブレリオは、西曆千九百〇九年七月二十五日を以て遂に英國海峽を渡つて了つたのである。

ブレリオと云ふ名は廣く世界に波動を傳へた。

これは必ずしもブレリオ單葉式飛行機が最も安全で且つ最上のものであつた、と云ふのではない。

ラングレーやラタムが幾度か失敗せる海峽橫斷を第一番にやつて除けた處にあつた。

斯くてライトが嘗て復葉式飛行機中の錚々たる覇者であつた如く、ブレリオは一躍して單葉式飛行機の代表者とまで云はれたのであつた。勿論現今に於て飛行機の優劣を決定するのは容易でない。その歷史が新しいため計りではなく、製造者自身も日々孜々として改良を加へつゝある。今日の勝者は必ずしも明日の優勝者ではない。

本章に於ては現今有名なる代表的作物を紹介し、其特徴を指摘するに過ぎぬ。各飛行機の檢閲を始める前にざつと飛行機全般に關する氣分とか感じとか云ふと少し文學的ではあるが、まづ大體の頭を作つて置いて、然る後に批評に入ることゝする。

▲飛行機に降下傘

飛行の原理に餘り精通してゐない人はよく降下傘（パラシュート）（Parachutes）を操縱席に付けて置いたら安全でよかろう等と呑氣な事を云ふけれど、少し考へてみると

降下傘は全く不必要な事が解かる。

普通並みに製作せられた飛行機が中空で坐乘席を破壞するやうな事はない。

ある故障のために發動機が停止したか燃料が無くなつてプロペラが動かなくなつたとか云ふ事は是れ誠に偶然のことで甚だ特種の場合である。

然のみならず例へ空中で飛行の自由を失つたとしても、傾環狀を畫きながら空中滑走を試みて着陸することが出來る。所然降下傘は不必要である。

萬一發動機が爆發したとか主翼が敵彈のため折られたと云ふ樣な危機一髮の時には、降下傘はあつても操縱者の生命を取り留むる事は出來ぬ。飛行機全體を一個の生物と見るならば機體は之を構成せる物質である。發動機も物質である。プロペラも舵（ラダー）も勿論物質である。唯操縱者のみがその一個の空中を走る生物の生命である。物質を離れて生命の存在は認めることが出來ない如く、機體が破壞された後に操縱者のみを助くるに手段があらうか。

著者は降下傘を持つて雲上の人となる臆病者の暗愚を笑ふ一人である。

▲飛行の高さ

高さは空中滑走をして降るに充分な位な處がよいと歐洲の飛行家は稱してゐるが、日本では更に高く飛ぶ必要がある。日本には平野（プレン）が少くないからである。高空に於ては地形の隆起に依る風の動亂が少ない。地表に近い處ほど風の紛雜を極めた處はない。

河、山間の谷、森の上等は船乘りの怖れる渦卷や暗礁と少しも變りない。土地の狀態が危險ならば高く飛べ！！これ飛行家が墜落の門を逃れ出る唯一の鍵である。

高い處から墜落すればその災害は恐るべきものであらうことは誰れにも考へられるが、低い處から墜落しても殆ど助かる見込みはない。

どうせ墜落して死ぬと定まれば高きに安んずるに如かないのは云ふまでもない事である。

▲推進機の影響

プロペラが其回轉を少しでも變する樣な事があると、其影響は頗る大なるものがある。プロペラの回轉につれて三つの重要な事柄が之に附屬して起る。

(一)傾斜效果(Canting effect) (二)回輪獨樂の效果(Gyroscopic effect) (三)傾衝效果(Tilting effect) とでも名づくべきものである。この中で最後の傾衝の效果は飛行機の空中滑走に關して最も重大な關係を有するものである。

プロペラが發動機の働きで回轉をすると、之に固着せられたる發動機や飛行機には反動力が起るから、プロペラと逆回轉せんとする傾向がある。

これは飛行機を傾斜させるので第一の傾斜效果と名づけた次第である。これに打ち勝つて安全飛行をなさしめるには或る他の力を加へなければならない。それであるからプロペラが右へ回る飛行機の右翼には、何か重量を加へて左翼より重くして置く必要がある。

若しプロペラを回轉させる發動機の力が時々變化することがあるとその反動も亦變化する筈であるから、この二つの翼は釣合を保つことが出來ぬ。右左りに搖れるのである。

この如き場合には翼につけた重量を動かして加減しなければならぬ。こんな面倒な事は出來ないとすれば翼の上昇力を制禦するために釣合がとれるまで側面操縱 (Lateral control) をしなければならない。

第二の回轉獨樂の效果(ジャイロスコピックエッフェクト)と云ふのは唯飛行機が傾いたり又は曲つたりした時にばかり起るものである。

獨樂やはづみ車やプロペラ其他すべて如何なる物體でも、一軸を中心として急激に回轉をしてゐる者は回轉獨樂の效果を生ずる。どんな者かと云ふと、其軸の方向を變じ樣とすると之に反對して元の通りにしてゐ樣と我張るのである。

回轉體の速度が早ければ早い程その軸の方向を變へることは難事となる。次に面白いことはこの軸が動けるものであつたら、之と直角の方向へ動き出す傾

向があることである。即ち飛行機の例ではプロペラの軸は前後に走つてゐるから飛行機そのものゝ軸と同一である。之が右又は左りに舵を取つて曲らうとすればプロペラの回轉獨樂の效果は傾斜を起さうとする。

反對に飛行機が傾斜すれば回轉獨樂の效果は、一側に曲らせやうとするのである。であるからプロペラが非常な回轉をする飛行機の操縱には、極めて細心な注意が必要である。以上述べたことは總てプロペラが一個の場合である。傾斜も回轉獨樂の效果もプロペラの回轉する方向が反對になると總てまた反對になる。何れに回轉しても逃るべからざる影響ではあるが、プロペラを二つつけてその回轉の方向を反對にして置くと是等の面倒をすべて除くことが出來る。

ライトの復葉の如く二個のプロペラを鎖で反對の方向に回轉してゐる者は、例へプロペラが如何に其速度を變更しても其飛行狀態は少も變らぬのである。

其の他の飛行機ではプロペラはすべて一個である。さうしてその發動機が1ム式の如く回轉するものであつたらこの影響は頗る大である。

第三の傾衡效果と云ものはプロペラが取りつけられた高さに依りて大小の差があるものである。

プロペラの位置が飛行軸より下方にあると、その衝力は飛行機の頭部を下方に下げやうとする。

何れの場合にも重量の分配と風壓とは平均してゐて、飛行機全體としては少しも傾斜が起らないものでなければならない。

さて空中滑走と云ふ場合になるとプロペラは停止して少しも推進力がないのであるから、今まで推進力があつて平均を保つてゐたものは自然傾斜を起すことゝなる。

こゝで保助翼を動かし風壓を加減する必要がある。この時には主翼に風壓のはる模樣が違つて來る。

また遙かに遲い速度で飛ぶことになるから、水平飛行の狀態と空中滑走の狀態とは著しく違ふのである。

飛行機の設計者はこの二つの場合何れにも充分の強さがあるやうに計畫しなければならない。

こゝに一つ非常に簡單な場合がある。それはプロペラの軸と飛行機の軸とが全く一致してゐて、前の場合の如く少しも高からずまた低からずと云ふ時には、飛行機を傾斜しやうとする傾向はない。また空中滑走に入つても平均を破るやうなことは少しもない。

唯今まで水平飛行をしてゐたものが多少降下して來て進行の方向が變つて來るだけである。

これは第三の傾衝效果がないために操縱は極めて簡單になる。即ち空中滑走を極めて遲い速度でやるならば、此の種の飛行機は水平飛行の狀態で着陸することが出來ると云ふ一大利益がある。

▲飛行速度と滑走

飛行機の支持力はその速力に依つてのみ起るのであるから、飛行機が地を離れる瞬間は飛行速度で走つて居なければならぬ。

飛行機が出發する際は高空を走る場合よりも遙かに强力な動力が必要である。この動力が多ければ出發に際して必要な滑走をする距離は少くなり、また時間も短かくてよい。

ラングレーが千九百三年に實物大のものを作つて見たが不成功に終つたと云ふのは、模型ではうまくゐつた發條や滑走臺が實地に際しては不結果なためであつた。

これは地上との摩擦が多いため、いくら滑走しても上昇力が足らなくて、一度空中に登れば自由自在に取れる舵も思ふ樣にゆかなかつたゝめである。

發動機を强力なものと取り換へたなら必ず成功したろうと考へられる。「滑走だけなら自働車の方が具合がよい。」とその當時の某新聞は皮肉に出た。

またライト兄弟もラングレーの如く輕い發動機が完成せざる時代に於ては、

飛行狀態に於て必要な力のある發動機を使用して、滑走及び出發には他の手段を採用した。ライト復葉は始めレールの上を走る車の上に載せられて、之な落下する重量を以て綱で引張つた。飛行機がレールの端に來ると車臺を後に殘して中空に浮び出る裝置であつた。

斯くの如きものは特別な滑走臺やレールが設備してない處からは出發する事が出來ない。一度ある原因の爲め出發點から遠い村落へ降下するやうな事でもあると、もう飛び上る事は出來ないのである。

其後改良して強力な發動機を備へ滑走車を飛行機に取りつけて、如何なる平野からでも上昇する事が出來るやうにした。今の飛行機は大部分プロペラさへ動かせば自ら滑走して空に舞ひ上るやうになつてゐる。

佛蘭西で千九百〇六年頃まで製作された飛行機は皆小さい車があつて、プロペラの動力で之を回轉して滑走するやうになつてゐた。この方法では遙かに大なる動力を備へなければならないけれど、如何なる平原からでも自ら滑走して

上れると云ふ利益があつた。

▲着陸と墜落

出發するよりも着陸の方は餘程難かしい問題である。ラングレーは着陸はむづかしいから厭だと云つて一切水中に降下する方法を考へて斗りゐた。

ライトは飛行機に長い弓形の橇をつけた。橇の上端は昇降舵のところまで達してゐる。着陸するのには此の方法が最上であるに違ひない。橇は相當の衝動にも耐えるし、滑走も少しで止ることが出來る。また地面に多少の凹凸があつても之に橋の如く懸つて着陸を試みることが出來る。荒地にも降下する事が出來ると云ふのがこの式の特徴であつた。

佛蘭西の飛行機は着陸のためにつけた車を使用して、滑走し出發するにも便利である。車には發條や其他衝動を緩除する裝置がつけてはあるけれど、是は到底橇の如く大なる衝動を防ぐことは出來ぬ。地面に凹凸があると車は甚だ危險

であつて、着陸するときにも橇のやうに早く飛行機を停止することは出來ない。

アンリ、フアルマンは始めてこの双方を混合して出發には車を用ひ、着陸には橇を使用したが是は極めて廣く使用せられるやうになつた。日本の德川式復葉はこの型である。車は發狀を以て橇に取りつけられてゐる。それだから着陸するときに車は橇の上まで押しあげられる。

第一擊の衝動で橇は地上に觸れても發條の力でまた車を以て地面を滑走するやうになつてゐるのがアンリ、フアルマン式の優越せる點である。しかし着陸の際に車を破壞する事は少くない。着陸ばかりから考へると車と橇との混合はどうしても橇ばかりのものより劣るやうである。

ある一飛行機では車を引き上げて了ふ裝置を施してゐる。出發するときには橇の下に車を下げて之により滑走を試み、飛揚して後は之を全部橇の上に引張り上げて了ふか又は發條を緩くして了ふのである。

さうすると車はなくなつたのと同一である、出發の際は車を使用したにも關らず。着陸の際は橇に依るのである。

飛行機の不慮の災難はいつも陸と接觸するときに起ることが多い。十中八九は着陸せんとするときに大故障を生ずる。嘗て佛國では二個の飛行機が空中で衝突して悲慘なる運命に遭遇したが是は實にめづらしいレコードである。新聞紙上で常に報ぜられる飛行機の墜落や破壞は皆着陸せんとするとき起つてゐるのを見てもよく解かる事である。この樣な災難は飛行機の構造が悪いのか又は操縱者の不練に依ることを示してゐるのである。

若し橇か車を以て先づ地面に接するときに、その接點が餘り後方であつたら飛行機は前方に顚倒する。これが一番多い記錄である。

橇はライトやソムメー式のやうに前方に突出してゐて、地面に觸れる點をなるべく前方にした方がよい。

ここに飛行機が一般に廣く使用せられるやうになつた曉には、熟練した二三

の專門飛行家しか操縦出來ないやうな機の短かいものは不可である。

合力と分力との方則から見ても、一定の方向に走つて來る飛行機が陸に近づいて來る時には水平と垂直とこの兩樣の速度を以て緩かな傾斜を辿つて來ると考へられる。

この中で垂直の速度は地表と衝突したときに機か又は車を以て巧みに打ち消されて了ふ。殘るは幾分かの水平の速度である。この速度が無くなるまで飛行機はある距離を滑走して行く。

着陸に一番好都合な方法は發動機を動かしながら陸に近づくことであつて、出來るだけ水平に地上を滑ると云ふよりも、地表を掠めて飛ぶと云つた方が適切である。

その空中滑走をする時に一旦停止した發動機はこの地上の滑走に入つてからまた動かす事が多い。さうして着陸した點から格納庫の前まで滑走して來る。

この際に最も手加減を要するのは昇降舵の取りかたである。まづ空中で發動機を停止して昇降舵を操縦し飛行機を水平の位置に保つのであるが、上昇力が無いのであるからどうしても前部が降下し易い。

少しでも降下したら昇降舵を取つて之を上に向ける。餘り上を向き過ぎると水平でなくなるからまた元に返す。

かくて波のやうな搖れ方をしながら着陸するのが實際である。

この昇降舵がうまく時に適して使用されないと云ふと、その結果は垂直の速度が多くなつて、陸に觸れるときは大きな衝動を感するやうになる。

前に述べた發動機を動かしながら緩い傾斜で次第に陸に近づくのは、如何にも靜かな直線飛行のやうで極めて華手のやうであるが實は然らずである。これは滑走と着陸とに非常に大なる面積を要する。

波のやうに搖れながら昇降舵の操縦のみを以て着陸するのは實際腕のない飛行家には出來ないことである。