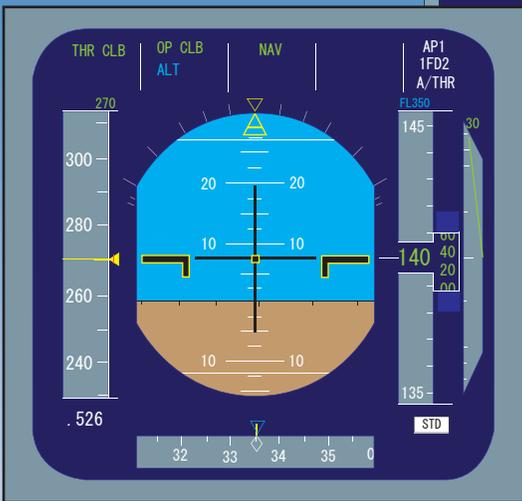
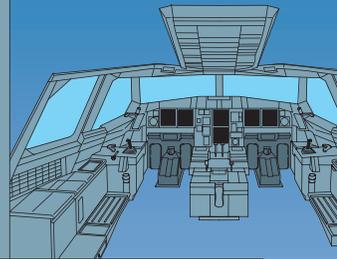


改訂 第3版

# 空を飛ぶはなし

## 飛行機のメカ

Mechanism of the Airplane



## はじめに

水中を優雅に泳ぐ魚は、水の力をうまく利用しています。鳥も同じように空気の力を巧みに利用して大空を自由に飛んでいます。飛行機も空気がなければ空中に支える力は生まれませんし、プロペラやジェット・エンジンも前に進む力を発生させることはできません。そのため飛行機は、空気との力関係を常に知っている必要があります。鳥は自分自身を支えられなくなることや翼が折れてしまう恐れがあることなどは身体で直感的に知ることができですが、飛行機の場合は計器に頼るしかありません。

その計器の中で最も重要なのが対気速度計です。対気速度計は、自動車のように1時間に進む距離を指示するものではなく、空気との力関係を知るための計器です。地上付近から空気が薄くなる成層圏まで、飛行機を支え続けるためや強度上の問題から空気の力を知る必要があるからです。

本書は

- ・ 空気の力とは何か
- ・ 飛行機はなぜ空を飛べるのか
- ・ 飛行機の速度とは
- ・ ジェット・エンジンはなぜ力を出せるのか
- ・ 夜や雲の中をどうやって決められた通路を飛べるのか

といったような素朴な疑問に対して、難しい専門用語はできるだけ使用しないようにし、厳密さを犠牲にしても直感的あるいは感覚的に理解できること、なぜそうなっているのかということに主眼を置いて1993年に初版が出版されました。それ以来、たくさんの方々から貴重なご意見やご指摘を頂きました。その貴重なご意見やご指摘をもとに改善を重ね、第3版を迎えることができました。

本書が、飛行機に興味を持っている方々、すでに航空関係に従事されている方々に少しでもお役に立てることを願っております。

末筆になりましたが、今改訂に際しても日本航空技術協会の渡津賢治氏に大変お世話になりました。ここに感謝いたします。

2014年8月吉日 中村寛治



# 空を飛ぶはなし



## CONTENTS

*Flying in the sky*



### 1. 客室から見たフライト ..... 1

フライトの準備.....	1
エンジン・スタート .....	2
滑走路へ .....	2
いよいよ離陸.....	2
飛行機の通り道.....	3
飛ぶ速さ .....	3
お菓子の袋がふくらんでいる .....	4
ようやく着陸.....	4
駐機場へ .....	5
飛行機の各部名称 .....	6

### 2. 空を飛ぶための力 ..... 7

#### 鳥と飛行機の翼 ..... 7

鳥の翼を調べる.....	7
どうやって飛んでいるのか.....	7
ニワトリはなぜ飛べないのか .....	9
〈浮力について〉.....	11

#### 空を飛ぶときの4つの力 ..... 11

下に向く力（重力）.....	11
空に上がる力（揚力）.....	12
前に進む力（推力）.....	13
空気が抵抗する力（抗力）.....	15

#### 空気を調べてみよう ..... 16

動かないときの性質 .....	16
流れるときの性質 .....	17
〈ベルヌーイの法則を求めよう〉 .....	18

粘り気の性質	19
圧縮するときの性質	20
<b>大気のものさし</b>	21
大気のあらし	21
大気の変化で飛ぶ能力も変わる	21
温度	22
気圧	23
空気密度	24
〈飛行機の揺れとジェット気流〉	25

### 3. 自由に飛べるしくみ 26

#### 翼の役割 26

空中で方向を変えるにはどうするか	26
旋回すると腕が重く感じる	28
揚力の大きさを調節する方法	29
〈ボーイング 777 の離陸時の揚力係数を求める〉	31

#### 空を飛ぶ方向と翼の関係 32

飛ぶときの 3 つの方向	32
まっすぐ飛ぶための 3 つの翼	33
自由に飛ぶための 3 つの舵	35

#### 自由に飛べるしくみ 37

操縦席に座る	37
操縦輪を回す	38
操縦輪を引く	39
ラダー・ペダルを踏む	40

#### フラップの秘密 42

ゆっくり飛ぶときの工夫	42
フラップは空気のすべりだい	43
なぜフラップは細かく分かれているのか	44

#### 舵面を動かすしくみ 45

動かす力は何か	45
どうやって動かしているか	47
動かす力は軽すぎてもいけない	50



# FLYING IN THE SKY



油圧装置が故障しても安心	50
〈計器からのメッセージ〉	51

## 4. ジェット・エンジンのしくみ ..... 52

ジェット・エンジンとは	52
-------------	----

推力とは何か	52
風船とジェット・エンジンの違い	53
ジェット・エンジンの中をのぞいてみる	55

ターボファン・エンジンの登場	56
----------------	----

音の壁	57
より遠くへ	58
ターボファン・エンジンとは	59

ファンとプロペラ	61
----------	----

ジェット・エンジンの仲間たち	61
〈ターボファン・エンジンの推力を求める〉	62
プロペラの回転数はなぜ減速されるのか	64
ファンの回転速度は	65
〈推力と馬力〉	67

エンジンをコントロールする裏舞台	67
------------------	----

ジェット・エンジンのアクセル	67
スラスト・レバーを前に出すと	69
レバーから先の裏舞台	70

エンジンをスタートしてみよう	72
----------------	----

エンジンは自分ひとりでスタートできない	72
ジェット・エンジンのスタート	73
エンジンの仕事は推力発生だけではない	75
〈空中でもスタートできるか〉	75

燃料タンクからエンジンまで	76
---------------	----

燃料タンクはどこにあり、どれだけ入るのか	76
燃料タンクを翼の中にする理由	78
燃料タンクからエンジンまで	79

## 5. 飛んでいるようすを知るしくみ ..... 81

### エンジン計器の役割 ..... 81

- なぜエンジンに計器が必要か ..... 81
- 推力の大きさを知るためにも計器は必要 ..... 83
- 推力をセットするための計器 ..... 84

### ジェット・エンジンの代表的な計器 ..... 85

- 回転計 ..... 85
- エンジンの体温計（排気ガス温度計） ..... 88
- 燃料流量計 ..... 89
- 〈エンジンの継続的な記録〉 ..... 90

### 飛行機が飛ぶ高さを知る計器 ..... 90

- どこから測った高さなのか ..... 90
- どうやって測るか ..... 91
- どうやって高度の目盛を付けるか ..... 93
- 気圧高度計のセッティング ..... 94

### 飛行機の飛ぶ速さを知る計器 ..... 96

- 何に対する速度か ..... 96
- どうやって測るのか ..... 96
- 対気速度計の目盛り ..... 98
- それぞれの速度の関係 ..... 99

### マッハの世界 ..... 100

- なぜ音の速さが飛行機に関係あるのか ..... 101
- 衝撃波はなぜ発生するのか ..... 101
- マッハ計のしくみ ..... 103
- 〈高度 10,000m、マッハ 0.84 の速度を求める〉 ..... 105

### 飛行機の姿勢と方向を知る計器 ..... 105

- 姿勢を知る計器の中には地球が入っている ..... 105
- どうやって計器の中に地球を入れるのか ..... 107
- 方向を知る計器 ..... 109

### 位置を知る計器 ..... 111

- 空の通路と標識 ..... 111



# FLYING IN THE SKY



無線標識から位置を知る計器 .....	112
自分一人で位置を知る装置 .....	113
着陸のときに位置を知る計器 .....	117

## 6. 飛行機の電気配線のしくみ .....

### 電気はどんな働きをするのか .....

飛行機の雷避け .....	120
電気が頼り .....	121

### 直流と交流のそれぞれのメリット .....

直流と交流 .....	122
直流と交流のそれぞれのメリット .....	123

### 飛行機の電源 発電機と電池 .....

飛行機にもバッテリーはある .....	124
飛行機の交流発電機 .....	124
発電機の回転数を一定に保つ装置 .....	125
APU の役割は .....	127

### 配線はどうなっているのか .....

発電機の運転方式 .....	127
飛行機にもあるブレーカー .....	129
配線はどうなっているのか 三段構えの配線 .....	130

## 7. 飛行機の重さとバランス .....

### 飛行機の重さと重心位置 .....

飛行機の重さの重要性 .....	132
たくさんある飛行機の重さの名前 .....	133
飛行機のバランスと MAC .....	135

### 実際の運航で許される飛行機の重さ .....

飛行機の強度上制限される重量 .....	137
性能によって制限される重さ .....	138
実際に許される重さ .....	140

### 燃料はどのくらい必要なのか .....

目的地までの消費燃料とは .....	141
予備燃料その1 代替燃料と空中待機燃料 .....	143
予備燃料その2 補正燃料と補備燃料 .....	143

<b>8. 着陸装置</b> .....	145
着陸装置とは .....	145
着陸装置とは .....	145
脚の支柱とタイヤ .....	146
どうやって格納するのか .....	147
飛行機のステアリングとブレーキ .....	150
Uターンもできるステアリング .....	150
飛行機のブレーキ .....	150
アンチスキッドとは .....	152
おわりに .....	154
資料 .....	155
INDEX .....	158



---

# FLYING IN THE SKY

# 1. 客室から見たフライト

まず、出発ロビーから見える飛行機の動きや客室の中で疑問に思うことなどを考えてみます。そして、ここで疑問に思ったことをひとつひとつ調べていくことにしましょう。

## フライトの準備

まだ夜の余韻を残している明け方の出発ロビー前の駐機場で、飛行機は静かに今日のフライトのために翼を休めています。そして、出発前の点検のため整備士により数多くの確認作業がひとつひとつ確実に行われ、飛行機はゆっくりと目覚めて行きます。

ゼロを指示していた計器が次々と息をふきかえし、コックピットや客席に照明が灯り飛行機が完全に目が覚めたことを知らせます。その飛行機の

周りには、燃料を入れる車両や荷物を積み込む車両などが次々と到着し、いままでの静寂から一挙に出発準備のあわただしさに変わって行きます。

また、別の場所では目的地までの飛ぶ道順や天候の調査、必要な燃料の量そして飛行機の重さなどの打ち合わせが綿密に行われています。

出発ロビーから見える飛行機は、悠然と構えているようですが、出発時刻の1時間以上も前からたくさんの人が役割分担して、あらゆる角度から検討し確認し合うことが大切となっています(図1-1)。



図1-1 それぞれの出発準備

## エンジン・スタート

入り口のドアが閉まるとエンジン・スタートが始まります。気をつけて耳をすましていると分かりますが、エンジン・スタートするときにはエアコンの音が聞こえなくなります。そして、いつも右側のエンジンからスタートする音が聞こえてきます。

自動車は1つのエアコンで十分ですが、飛行機には必ず2つ以上のエアコンがあります。そして、多くの飛行機のエアコンは圧縮空気を利用しており、エンジン・スタートするためにも、この圧縮空気を利用しています。エアコンを作動させているとスタートのための空気の量が足りなくなるために、十分な空気がエンジンの方に行くようにエアコンが自動的に停止するようになっているのです。それで、エンジン・スタートの時にはエアコンの音が聞こえなくなるのです。

## 滑走路へ

エンジンの音が少し大きくなると、飛行機はゆっくりと動き出します。飛行機は地上であってもエンジンが後方に噴出しているガスの反動によって動くのであって、自動車のようにエンジンがギアを介してタイヤを回しているわけではありません。飛行機が動くので、タイヤはただ回ってい

るだけです。また、飛行機が滑走路に向けて地上滑走しているときの速さは、時速30km前後です。

飛行機が動き出すとすぐに、客室中央の床下から機械音が聞こえてきます。これはフラップと呼ばれる装置を出している音です。図1-2にあるように、翼の後ろから下がって出ているのがフラップです。

このフラップは、離陸や着陸のときに使用されるもので、空中に浮き上がる力を大きくする装置ですが、どうしてフラップが必要なのか、着陸の時とフラップを出す量は違うのか、などといった詳しいことはこれから調べていくことにします。

フラップが下がると、主翼や水平尾翼そして垂直尾翼に付いているエルロン、スポイラ、エレベータ、ラダーといった小さな翼が大きく動きますが、これは離陸に先だってこれらの翼が正しく作動するかチェックしているのです。

## いよいよ離陸

シートベルトのサインが数回点滅すると管制塔から離陸の許可がおりてまもなく離陸する、という操縦席からの合図です。滑走路に入るとエンジンの音が一段と大きくなりますが、ここでもよく気を付けて聞いていると、いったんエンジンの音が安定し飛行機が動きだしてからまた大きくなっていきます。飛行機のアクセルを一定の出力まで

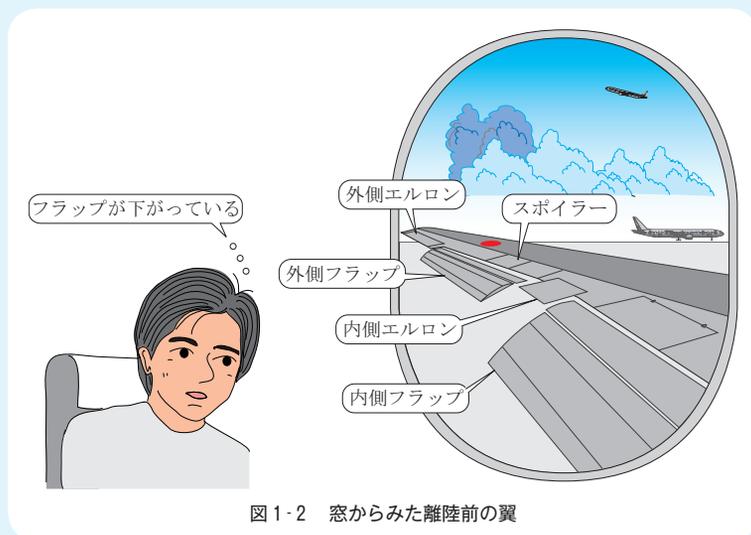


図1-2 窓からみた離陸前の翼

出して安定しているのを確認してから、最大の出力にするためです。

座席に押しつけられる力を感じることで、飛行機が加速していることが分かります。そして機首が上がると同時に真上に引っ張られるような感じがすると、もう空中にいます。その後ゴトンという音が聞こえますが、これは飛行機の脚を引っ込めた音です。そして、しばらくするとエンジンの音が今までより小さくなります。離陸のときに飛行機のアクセルを最大に使っていたものを上昇のために少しだけ戻したのです。

### 飛行機の通り道

離陸後はいつも同じようなルートを通ります。たとえば、羽田から福岡など北九州方面に行く場合には、東京湾を旋回して羽田空港の上空を通るルート、また鹿児島など南九州に行く場合には浦賀水道を抜けていくルート、といった標準的な出発ルートがあります。その後は決められた地点を結んだルートを目的地まで飛行します。そして、着陸する時も同じように標準的なルートがあります。

それらのルートを雲がある場合や夜間でもどうして飛べるのか、また飛行する高さとは、といっ

た疑問もこれから調べることにします。

### 飛ぶ速さ

飛行機はどんどん高度を上げ、そして水平飛行に移ります。水平飛行になってしばらくすると、またエンジンの音が少しだけ小さくなります。一定の速さになるようにアクセルを調整したのです。自動車でもまっすぐ走っている場合にはアクセルをあまり動かさなくても一定の速さで走ると同じように、飛行機の場合でも一定の速さで水平飛行している時にはほとんどアクセルを調整しなくてもすみます。

ところで、飛行機の速さは何を基準にしているのでしょうか。時刻表を見ると、同じ区間なのに西行きと東行きとでは所要時間が違います。たとえば冬の東京～福岡間などは30分も違う場合があります。これは冬の上空では西から強い風（これをジェット気流といいます）が吹いているからです。ちょうど船が川の上流に向かって進むときのように、西行きの場合には強い風に向かって飛んでいるので時間がかかってしまいます。西行きに比べて東行きの速さは1.5倍以上も速いときがあります（図1-3）。

しかし、この速さは地上にいる人から見たもの

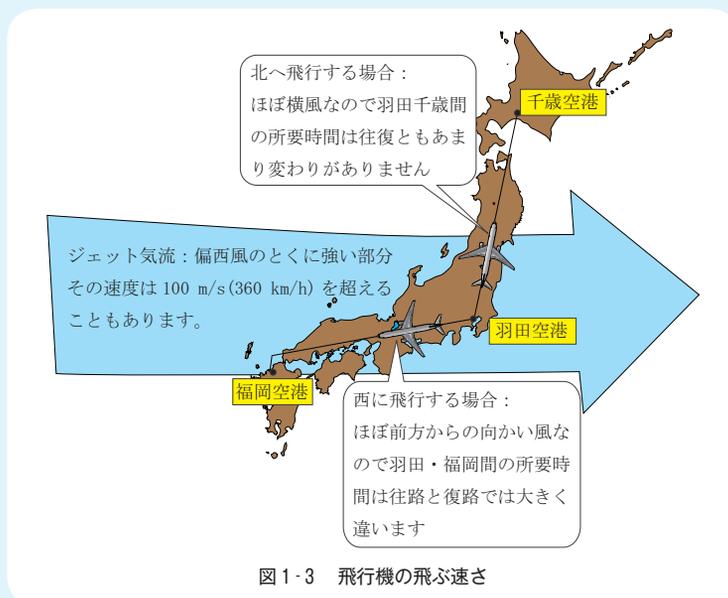


図1-3 飛行機の飛ぶ速さ

であって、飛行機にとってもっと大切な速さは、空気を基準にしたものです。

### お菓子の袋がふくらんでいる

図1-4にあるように、機内に持ち込んだお菓子の袋がふくらんでいます、どうしてでしょうか。

飛行機が上空にいくにしたがい気温と気圧は下がっていき、上空1万メートルでは $-50^{\circ}\text{C}$ 、気圧は地上の約25%に減少してしまいます。機外がこのような状態でも客室内では快適に過ごせるように、飛行機のエアコンには機内の温度調節だけではなく、気圧を一定に保つ機能もあります。

しかし、機内の気圧を地上と同じに保った場合には、飛行機の外と内との圧力の差が大きくなり胴体には大きな力がかかってしまいます。そこで、客室内の気圧を少し下げているのです。最大に下げても標高2,400mの山の頂上（地上の約75%）にいるのと同じ程度ですが、地上での1気圧の空気がつまっているお菓子の袋はふくらんでしまうのです。

窓から外を見てみましょう。窓から見える翼の端が反り上がって見えます。確か、地上にいる時の翼の端は下がっていて、はっきりと見えなかったはずですが。その時の飛行機の重さにより違いますが、地上にいる時と比べて約1.5m以上も反り上がっているのです。数百トンもの重さを全部この翼が支えている証拠ですが、どう考えてみても

翼がそんな力を発生するのは不思議なことです。

以上から飛行機が高い空を飛ぶときには、胴体や翼には大きな力が作用していることが分かります。

### ようやく着陸

目的地に近づき降下を開始しました。高層ビルのエレベータに乗った時に耳がつまる感じがするのと同じように、飛行機の場合にも感じます。今まで下げていた客室内の気圧を地上と同じにするためです。

エレベータでも上がる時より下りる時の方が耳に感じる人が多いように、飛行機でも客室の気圧を地上と同じにする時の方が感じるようです。しかし、その速さは一分間に約90m位の割合で山を下りているのと同じくらいです。

エンジンのアクセルをふかしたり、戻したりする音が聞こえます。これは着陸のために徐々にスピードを少なくしているのですが、一般的にジェット旅客機は徐行があまり得意ではありません。少しのスピードの変化に対して、多くのアクセルの調整が必要となっているからです。そして、離陸のときと同じようにフラップを下げる機械音や飛行機の脚を出す音も聞こえます。脚が出されたらもうすぐ着陸です。

接地する直前にエンジンの音が小さくなり、接地してしばらくするとまた大きくなります。エン

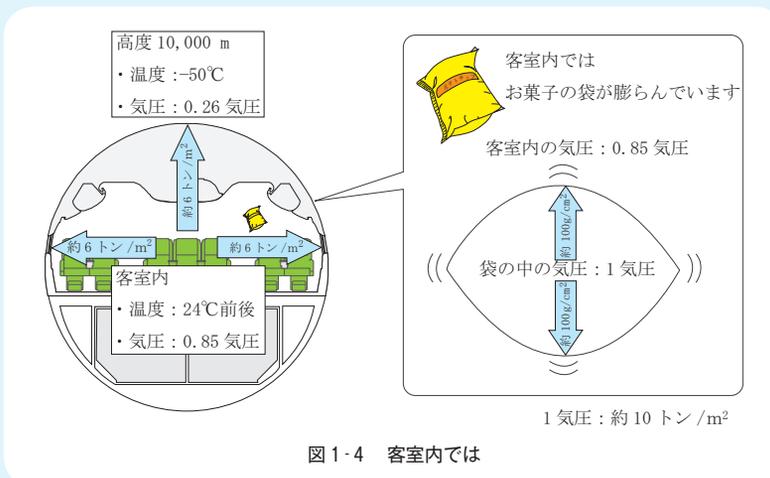


図1-4 客室内では

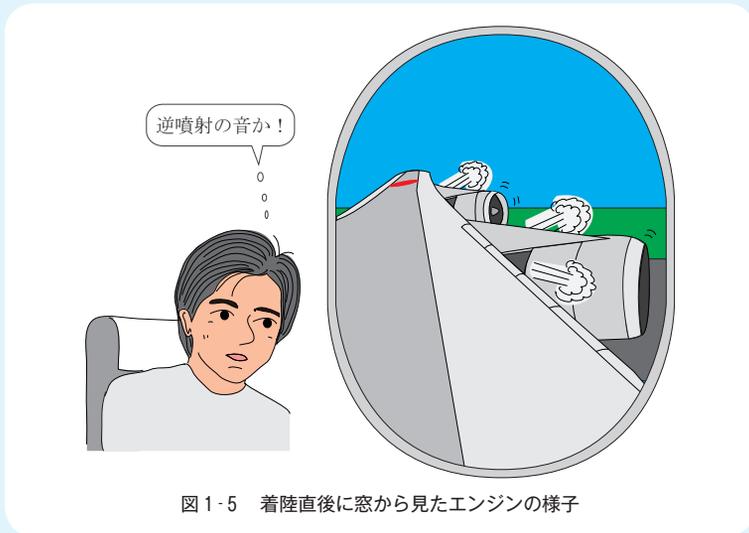


図 1-5 着陸直後に窓から見たエンジンの様子

ジンが逆噴射した音です（図 1-5）。ブレーキの役目をしているのです。もちろん、自動車と同じようにタイヤにもブレーキもあります。また、翼の上に板のようなものが立っています。これはスポイラ（またはスピード・ブレーキ）と呼ばれるもので、空気の抵抗を大きくしてブレーキの手助けをしますが、主翼が発生する揚力をなくして飛行機の重さをタイヤに任せて車輪ブレーキの効き

を良くするのが主な役割です（図 1-6）。このように飛行機にはこの3つの装置がブレーキの役目をしています。

#### 駐機場へ

滑走路から出て駐機場へ向かうとき飛行機は大きくターンしますが、ハンドルはどうなっているのでしょうか。もちろん自動車と同じようなハンドルがありますが、空中で旋回するときを使うラダー・ペダルでも小さいターンならばできるようになっています。また、飛行機はハンドルを操作したとき前のタイヤだけではなく、胴体の下に付いているタイヤも連動してターンできるようになっています。いってみれば、飛行機は三輪車なので思ったよりも小回りがききます。

飛行機が止まると、すぐにエンジンが停止されます。そして、しばらくするとシートベルトのサインが消されます。飛行機にもパーキング・ブレーキがありますが、不用意に動かないようにするためにチョークと呼ばれるタイヤ止めも付けることになっています。その確認をしてからシートベルトのサインを消すので、少し時間がかかるのです。

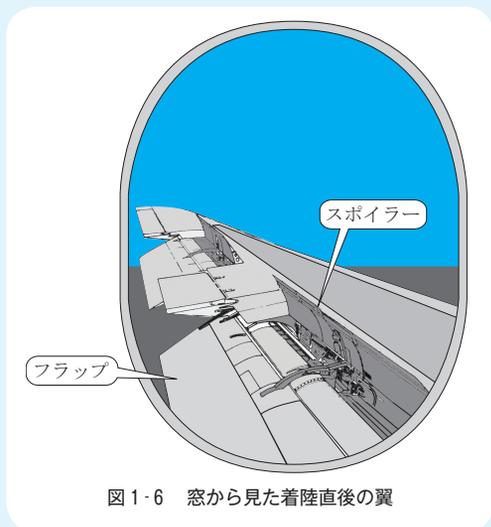
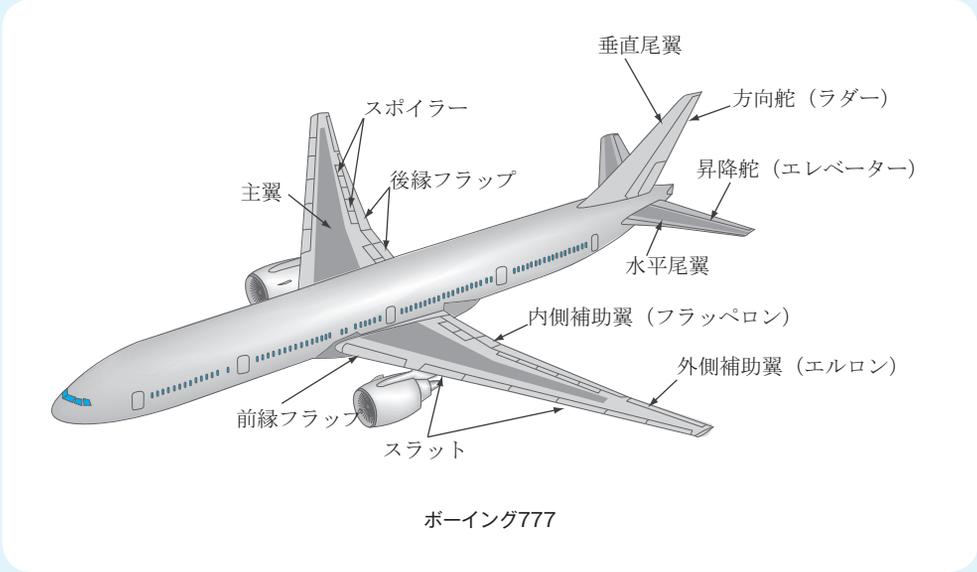
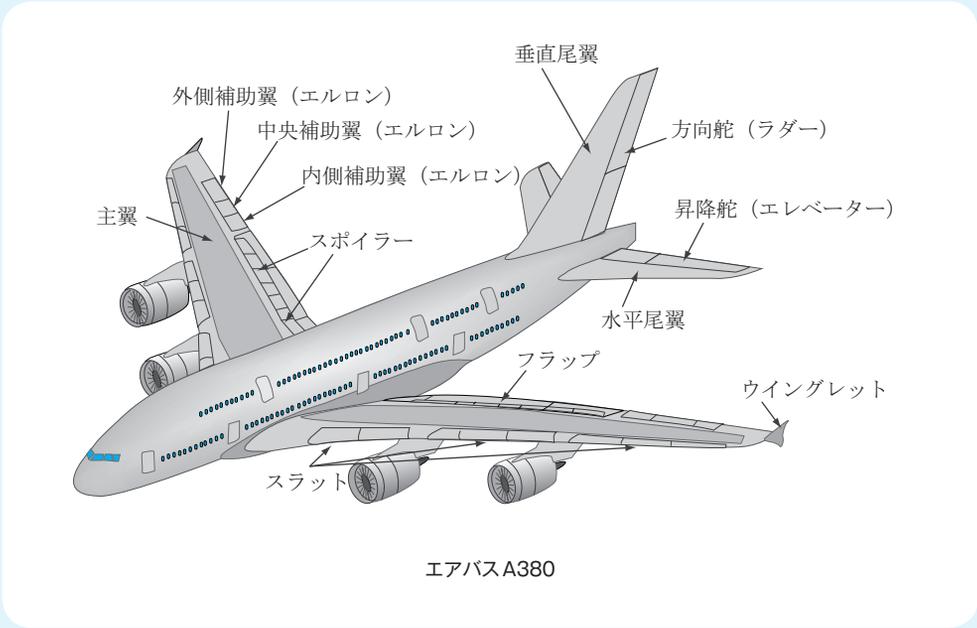


図 1-6 窓から見た着陸直後の翼

## 飛行機の各部名称



## 2. 空を飛ぶための力

ここでは鳥と飛行機の翼の似ているところやその役目、空を飛ぶためにはどんな力が必要か、そして空気の性質などを調べることにしましょう。

### 鳥と飛行機の翼

まず、空を飛ぶ先輩である鳥の翼がどれだけ飛行機の翼に似ているか、またどうやって飛んでいるのか調べてみましょう。

#### 鳥の翼を調べる

人里の近くにいるスズメ、山にいるワシ、海にいるカモメ、季節ごとに飛んでくるツバメやハクチョウといった渡り鳥など、たくさんの鳥が空を飛んでいます。これらの中で代表的な鳥の翼の形を見ると、スズメのように短く丸いもの、ワシのように幅の広い大きな長方形をしたもの、ツバメのように先が長くとがったもの、カモメのように細長いものなどに分けることができますが、それぞれ飛び方が違うようです。

スズメは比較的短距離を忙しく飛んだり降りたり、いつも羽ばたいて飛んでいますし、高い所からうさぎなどを狙っているワシはほとんど羽ばたくことなしにゆっくりと飛んでいます。また、ツバメは非常に速く飛び空中にいる虫などをつかまえていますし、逆に花の蜜を吸うハチドリは空中に静止することができます。

飛行機の場合を考えると、もちろん鳥と飛ぶ目的の違いはありますが、翼の形と飛び方は似ていることがわかります。図2-1に示すように、短距離を比較的遅く飛ぶ飛行機の翼はスズメやワシの形に似ていますし、速く飛ぶ飛行機の場合にはツバメ



図2-1 鳥と飛行機の翼

の翼によく似ています。また、グライダーの翼はカモメなど海鳥と似ています。

#### どうやって飛んでいるのか

空を飛ぶにはなぜ翼が必要なのか、その翼はどうやって空気から力を得ているのか、そして空気の力とは何か調べてみましょう。

そのために、まず力について考えてみます。力は静止している物を動かすときだけではなく、動いている物の速度や方向を変える場合にも必要です。そして物に力を加えると、加えた側にも向きが反対で大きさが等しい力が働くという、作用反作用の法則があります。もちろん固体だけではなく、水（液体）や空気（気体）など形が定まらない流体からも反作用はあります。

まずは目に見える流体、水の例からです。たとえば蛇口から流れ出る水にスプーンの背を近づけ

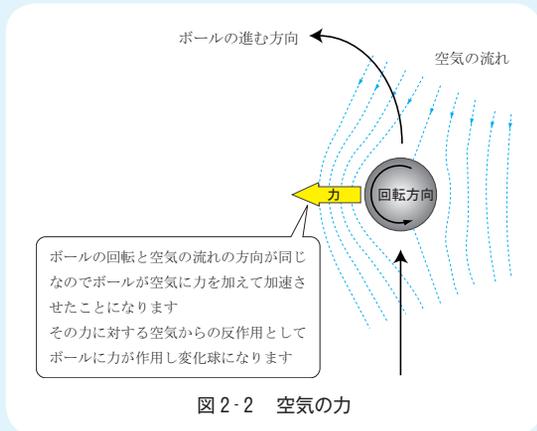


図2-2 空気の力

ていくと、水がスプーンの背にそって流れると同時にスプーンには水の方に吸い付けられるような力が作用します。これはスプーンの背が水の流れを変えたことによるスプーンへの水からの反作用

によるものです。

水よりも実態がつかみにくい空気にも反作用はあります。野球のボールにむりやり回転を与えることにより、図2-2にあるように空気を変化させることにより、空気からの反作用によりボールは直進せずにスライダーなどの変化球になります。

さて、本題の鳥の翼です。鳥の翼の断面を見ると、図2-3にあるように翼の上面には反りがあります。そのため、ボールのように回転しなくても空気の流れを変えることができるのです。

鳥が羽ばたくようすは図2-4のようになりますが、このように翼を動かすことにより空気を強制的に後方に吹き下ろすこと、つまり翼が空気に運動させたことの反作用により力を得ているのです。この鳥の体重を支える空気の力のことを揚力

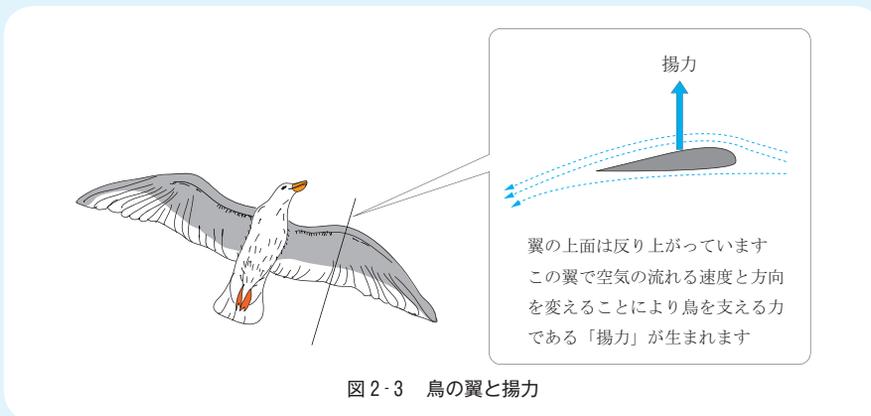


図2-3 鳥の翼と揚力

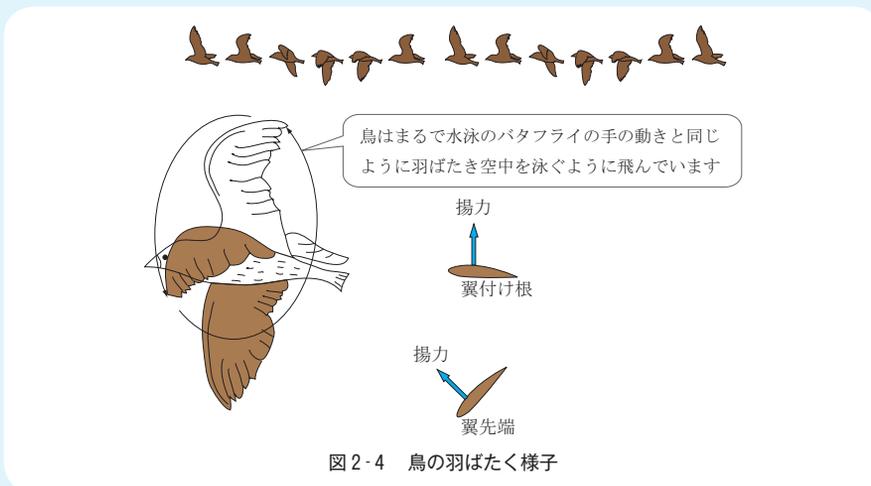


図2-4 鳥の羽ばたく様子

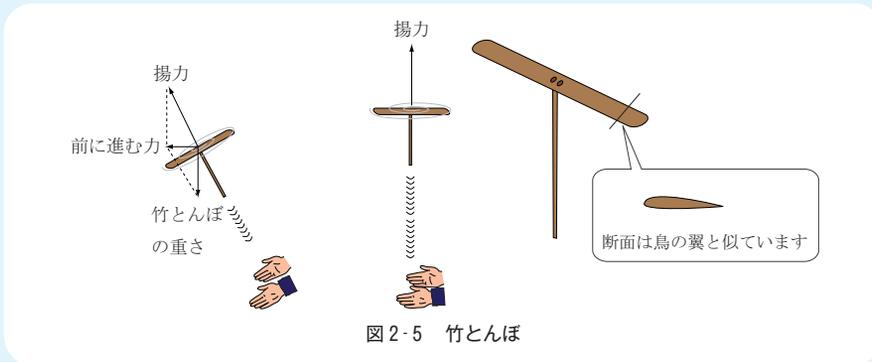


図2-5 竹とんぼ

(ようりよく) といいます。

竹とんぼは、回転させることにより空気の流れを作り飛ぶことができます。そして、地面に水平にして回すと真上に向かって飛びますが、斜に向けて回すと前上方に飛びます(図2-5)。鳥は竹とんぼと同じように、翼の付け根で揚力を、先端で前に進む力を出しているのがわかります。

また、羽ばたく時に翼の先端のすき間から後方に空気を強く押し出して、その反動により前に進む力を得る時もあるようです。そして、上空にいてある程度の速さになれば、翼には体重を支える十分な揚力が発生しますので、前に進むためのだけの力を得るためにゆっくりと羽ばたいて飛べるようになります。

飛行機の翼の断面も鳥の翼と同じようになっていますが、羽ばたくことができません。昔の人は鳥のように羽ばたけば飛べると考え、いろいろ実験をしましたが、結局羽ばたくことだけでは、それらの装置の重さを持ち上げるだけの力を発揮しませんでした。それらの失敗をもとに、高いところから飛び降りる方法やエンジンなどの動力を使い、まず前に進んで固定した翼に空気の流れを作り揚力を得ることに気がきました。

鳥は揚力と前に進む力をたった一对の翼で作っていますが、飛行機はそれらの力を別々にすることで飛べるようになりました。そして、このように力を別々にしたことが、今日の飛行機の成功があるといえるでしょう。

## ニワトリはなぜ飛べないのか

空を飛ぶには翼が必要なことはわかりました。それでは、なぜ翼があるニワトリは飛べないのでしょうか。鳥の筋肉の約25%以上は飛ぶためのものですが、ゼイ肉のついたニワトリを見ると体重と翼の大きさに関係がありそうです。

翼のあまり大きくないハチドリは、1秒間に90回、それも図2-6にあるように複雑な羽ばたきにより翼に速い流れを作り、自分の体重を支える力を得て静止できます。逆に、ツバメは小さい翼であっても速く飛ぶことができるために、ハチドリのように羽ばたきを速くする必要がないといえます。

獲物を探すためにゆっくりと飛ぶワシは、自分の体重を支えるだけではなく、あの大きな足でうさぎなどの大きな獲物を文字どおりワシづかみして飛ばなければならないので大きな翼を持っているのではないかと思われます。また、カモメやワシが羽ばたかないで飛んでいる時には、波間の風や海風あるいは上昇気流を巧みに利用しているのです(図2-7)。

以上から、小さな翼の鳥は羽ばたきを速くするか速く飛ぶ必要があり、大きな翼を持っている鳥は体重が重くまたゆっくりと飛べることが分かります。したがってニワトリも、もっと羽ばたきを速くするか、もっと大きな翼があれば体重を支えるだけの力が得られるかも知れません。

つぎに、飛び上がる時を考えてみましょう。ワシなどのように高い木や崖の上から飛ぶ時には、

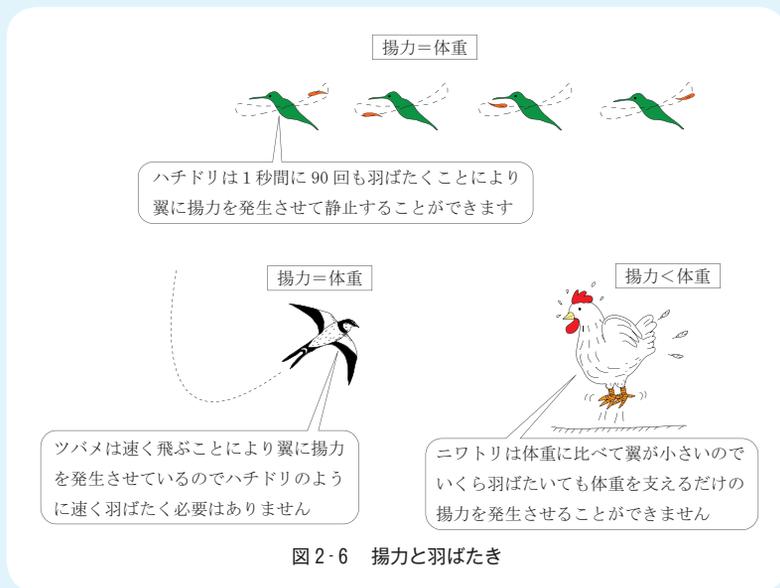


図2-6 揚力と羽ばたき

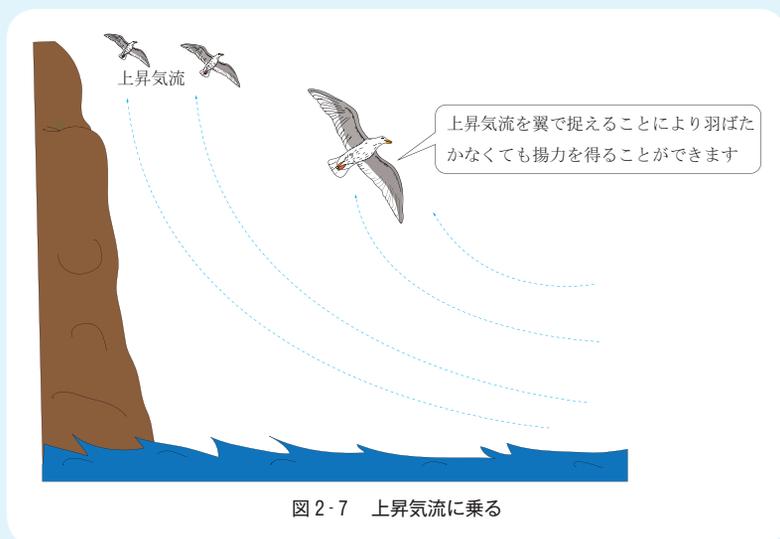


図2-7 上昇気流に乗る

ほとんど羽ばたかないでも高さを利用して十分な速さが得られます。しかし、水鳥が飛び上がる時には、足で水をけりながら長い距離を必死になって羽ばたいています。足で地面をけてひよいと飛んでいるように見えるツルでも、同じように飛び上がる時には羽ばたきが多く、ある速さになるとゆっくりと羽ばたくようになります。

水面や地面から飛び立つ場合には、このように大きく速い羽ばたきをして、揚力を得るために速く前に進む力が必要であることが分かります。

着地する場合には、どんな鳥でも足を下げ、そして翼を大きく広げています。着地した時のショックをできるだけ小さくするために徐々に遅く飛ぶので、体を支えている揚力を維持しなければならないのとブレーキの役目をしているのです。

そして、着地するときのようにゆっくりと飛ぶ時の様子をよく見ると、翼の前が少しあいているのと羽にすき間があるのが分かります。これは翼を大きく広げたり、あまり上を向けたりすると空気の流れが乱れてしまうため、図2-8にあるよ