

# 1A5 デモンストレーション：子供に見せる飛行の原理

二宮康明

Demonstration : The flight theory for children

Yasuaki Ninomiya

Key Words : demonstration , flight theory , children

## Abstract

The teacher explains theory of flight by simple experiment using paper and foamed plastic plate. The experiments are as follows:

1. Shows creation of lift by moving the flat plate with positive angle of attack against flow of air.
2. Makes that the moment caused by lift of main wing and the reverse moment caused by horizontal tailplane or front wing cancel out. The cancel generates pitch balance which makes flight possible.
3. Files a model glider with spoilers on either upperside or underside of the main wing to compares glide ratio. Shows that smooth flow on the upper surface contributes more to creation of lift than that on under surface.

手近な材料の紙や発泡プラスチック板を使った簡単な実験で、飛行の原理をわかりやすく説明しましょう。

### 【実験1】 飛行機やグライダーは、なぜ空中に浮くことができるか？

皆さんが旅行等で旅客機に乗るときに、胴体のまん中についている一番大きな翼を主翼といいます。これが機体を空中に浮かす役目をします。この翼の飛行方向に平行な断面（翼断面）は図2(a)のようにまん中がふくらんだ形をしていて、飛行機が前に進むにつれて翼に風があたると上にもち上げる力（揚力）が発生して機体を空中に支えるのです。平らな板の場合でも、性能は悪くなりますが、同じように揚力が発生します。その実験をしましょう。

画用紙<sup>\*</sup>を長さ40cm、幅5cmくらいに細長く切って、その一端に図1のように5円玉をセロハンテープではりつけます。つぎにこの細長い紙（ストリップ）の他の一端を手で持って、ストリップに横から風が当たるようにして、また風に向かう側を少し上げるようにして走ります。静止しているときは、ストリップの先はだらんと下がっていますが、走る速さが大きくなるとストリップは次第に浮き上がって図1に示すように水平になります。これはストリップに空気の流れが当たって、浮かす力（揚力）が生ずるためです。これは飛行機の主翼のはたらきと原理的に同じです。

翼が空気中を進むと、なぜ揚力が発生するかというと、翼が空気中を進むとき空気の流れは前縁で上下に分かれて流れますが、どの翼でも上面を流れる空気は図2のように下面よりも長い距離を通らなければならないので、空気の速度が大となって上面の圧力が下り、翼が上に吸い上げられるのです。

普通、翼が空気中を進むと下から押し上げられて揚力が生ずると考えられがちですが、この力は小さくて、上面の圧力が下って上に吸い上げられる力の方が大きいのです。このことは実験3で理解できるでしょう。

### 【実験2】 翼がたて方向にくるくる回転するのを、どのように止めて飛行機を飛ばすか？

図1の実験のように翼に揚力が発生します。それではストリップを空中に押し出すように手をはなすとそのまま飛ぶかと言うと、そうではありません。実際には図3(a)のように前あがりになると回転してしまいます。画用紙\*で長さ20cm、幅4cmの細長い紙片(ストリップ)を作り、翼とみなして空中を前に進めます。このとき実験1と同じように揚力が生じますが、手をはなすと飛行できずに図3(a)のようにくるくる縦方向に回転して落ちてしまいます。この原因は図3(b)のように揚力(L)のはたらく点がストリップの前縁寄りに生ずる一方、ストリップの重力(W)はまん中に働き、両方の力の方向が逆向きで、はたらく点がずれているのでストリップを回転させる力(モーメント)が生じて回転してしまうのです。すなわち特別な工夫をしない限り翼だけではつり合いがとれず、飛行を続けることができないのです。

次にこのストリップを主翼として、図4(a)および4(b)のようにわりばしなどを胴体にし、その後端に水平尾翼をつけ、また機首におもりをつけて、グライダーの重心(●印)に対して主翼と水平尾翼とに生ずる揚力(LとL'あるいはL'')により回転力(モーメント)を図4(a)あるいは(b)の点線の矢印のように互に逆方向にして回転力(モーメント)をうち消してやります。このようにすればグライダーをほぼ水平に保って飛ばすことができます。また図3(c)のように、主翼をうしろに置き、機首に前翼をつけてそれぞれの揚力をL、L'とすれば、同じように回転力をうち消してつり合いをとり、飛行させることができます。

### 【実験3】 揚力を主に発生するのは翼の上面の流れか、下面の流れか？

画用紙あるいは発泡スチロール・ペーパーとわりばしなどを材料として翼幅20cmほどの安定に飛ぶグライダーを用意します。また別に画用紙を小さく切って、2つに折り図5の薄片を2個用意します。この薄片(翼表面の空気の流れをみだして揚力を小さくする役目をするので、以下スポイラーと呼びます)の折り曲げた片側に両面テープをつけて、翼の前縁寄りの位置に飛行方向に直角に、また胴体に対して左右対称の場所にそれぞれはりつけます。実験は

(3-1) スポイラーをつけずにまっすぐに滑空させる。

(3-2) スポイラーを翼上面につけて滑空させる。

(3-3) スポイラーを翼下面につけて滑空させる。

上記3つの滑空比を比較した時図6のように、(3-1)のクリーンな場合に対して、(3-3)の下面につけたケースは影響が小さいのに比べて、(3-2)の上面につけたケースでは滑空比ははっきりと小さくなります。これは後者の場合、揚力が大幅に減少するためと考えられるので、上面の気流による吸い上げ効果が揚力の大部分を占めているという実験的な証明になるものでしょう。

### 【実験4】 失速

翼が空気中を飛行するとき、前から当たる空気流と、翼断面の基準線の作る角度を迎え角と言います。この角度が小さい方から10°くらいまでは、揚力が迎え角に比例して大きくなりますが、迎え角がもっと大きくなると揚力が減り始め、ついには急激に減少します。この揚力が急に減る現象を失速と言い、飛行機は空中に浮んでいることができなくなります。これは図7のように翼の上面の空気が乱れてしまうために起きるもので、前項のスポイラーを翼の上面につけてなめらかな空気流を乱した実験の結果から理解できるでしょう。

実験としては、実験3で使ったグライダーの尾部におもりをつけて、飛行中に機首が上って失速するのを観察することができます。

【実験5】 横安定と方向安定 — 上反角と垂直尾翼の役目

本稿では説明を省略

【実験6】 グライダーの操縦

本稿では説明を省略

注\* 画用紙よりも発泡スチロール・ペーパー（厚さ1mm）の方が狭い場所では実験がやりやすい。

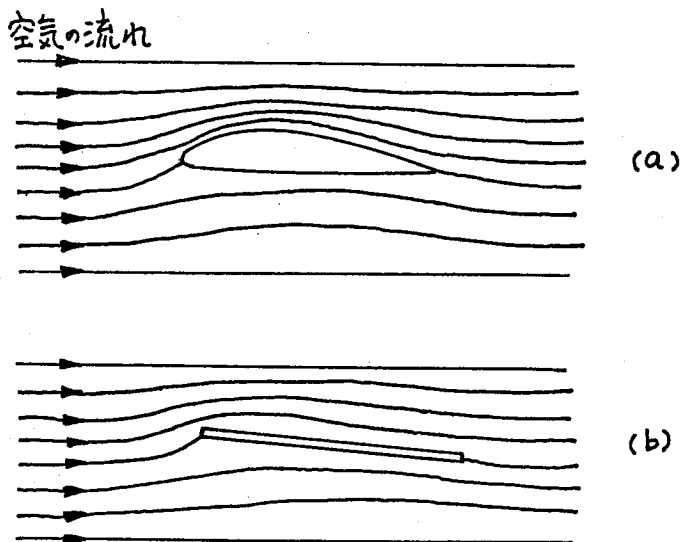
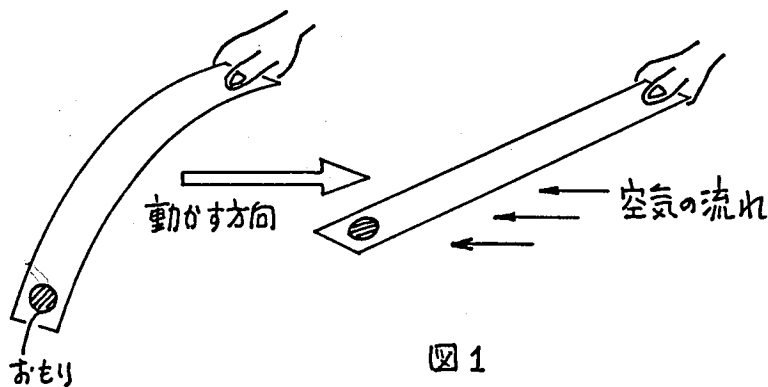


図2

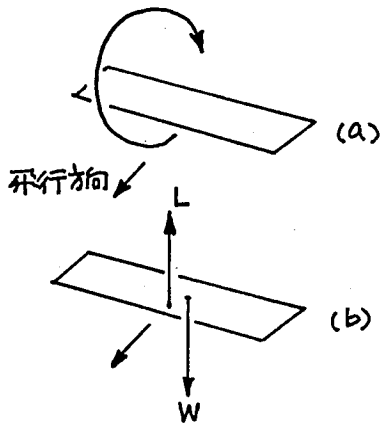


図 3

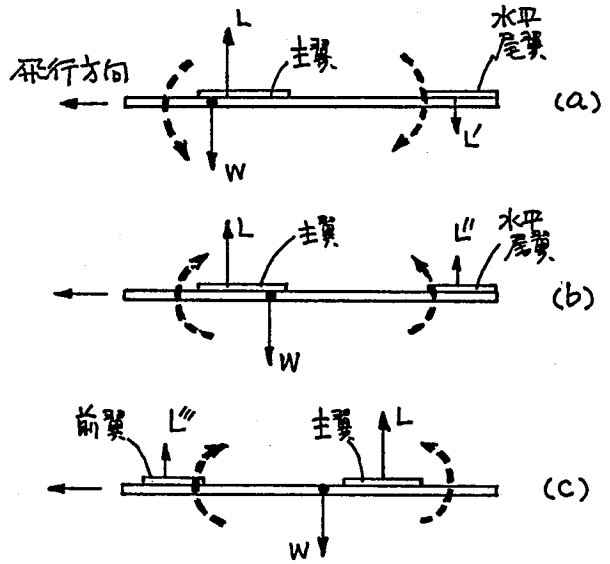


図 4

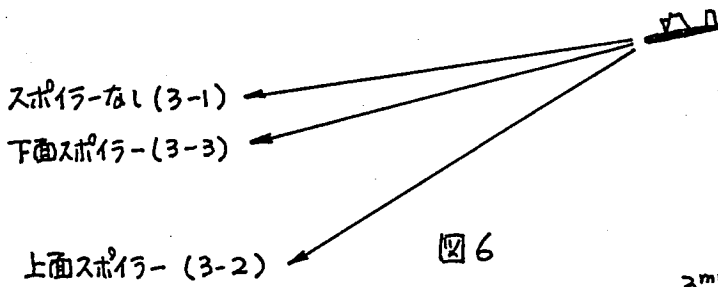


図 6

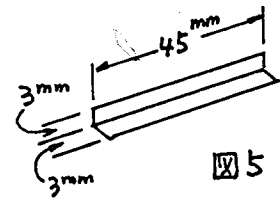


図 5

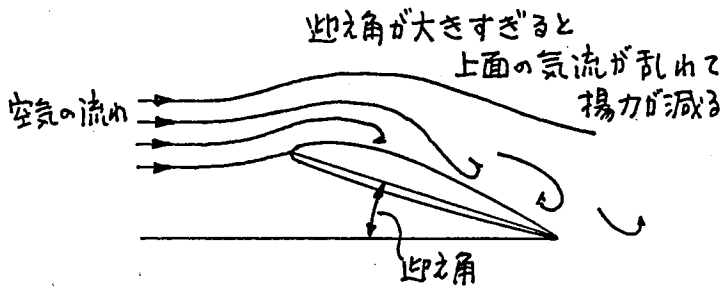


図 7