

1A12 実験用機材としての紙飛行機 ～その実例「非対称機」

二宮康明

Experiments of Asymmetrical Paper Airplanes

Yasuaki Ninomiya

Key Words: experiment, asymmetrical, paper airplane

Abstract

To survey easily if the new idea is reasonable based on aerodynamics, paper airplane is useful experimental object to find out. As a example of experiment, I surveyed new "Asymmetrical Wing Planes". These asymmetrical wing planes are made from the combination of two different type airplanes such as ordinary plane, canard plane and tailless plane. First, adjust the flight air speed of these two airplanes equal, then, take out one of right wing from one plane and left wing from the other plane and combine the both wings together as center of gravity equal position.

I made the paper airplanes following above asymmetrical wing planes conception and from the experiment, I was able to certify that they can fly well with a constant speed glide. Among these plane combination, the wings of canard plane and tailless plane, I launched it in high speed by a rubber band catapult to get a high altitude then gradually, the plane change into a constant speed glide. In spite of this speed change, this asymmetrical wing plane flew stably during all flight phases.

コンピューター・シュミレーションの進歩した今日ではあるが、その実験的確認の必要性は少なくない。紙飛行機は手軽に製作できること、およびこれを用いて実験による検討が可能なことによって、基本的な確認のための機材として、研究対象によっては依然として有効である。つぎにその例として「非対称機」の可能性について検討してみよう。

非対称型の実物機の例として、1938年にドイツ国で、パイロットあるいは偵察員の視界をよくする目的で、ブローム・ウント・フォスBV-141型機が造られている(図1)。また試作あるいは計画として4～5例がある(航空朝日、昭和19年7月号、37～38頁所載)。図2はそのうちの一例(スイス国プルハルトによる、1918年)である。上述の例はすべて左右を通した1つの主翼に対して胴体またはエンジンが左右非対称にとりつけられている。すなわち主翼は胴体の前後軸に対し、その左および右の側で同じ位置に取付けられていた。しかし本稿では飛行方向に対して、左右の翼の形状およびその取付位置を非対称とした、従来にはなかった形状の飛行機を提

案しようとするものである。

一般に飛行機あるいは滑空機では、揚力を主として負担する主翼と、縦安定を保つための水平尾翼（あるいは前翼など）と重心位置の関係からつぎのように分類される。（A）普通型（主翼が前にあり、尾翼が機尾にある最も普通の型）。（B）揚力尾翼の普通型（模型飛行機によく使われる配置で、揚力を主翼だけではなく水平尾翼にも持たせた型）。（C）串型（主翼と水平尾翼の大きさがほぼ等しい型）。（D）先尾翼型、（E）無尾翼型などで、これらを図3に示す。

このうち（A）の普通型を例にとってみると、この型の縦安定の良否の指標は水平尾翼容積比Kで、次式で表示される。

$$K = \frac{S h \times l}{S \times t}$$

ここに S：主翼面積
Sh：水平尾翼面積
l：機体の重心から水平尾翼までの距離
t：主翼の翼弦長

また通常の左右対称の飛行機では重心位置は胴体の前後方向の中心線上にあるものとする。いまこの機体を中心線に沿って図4のように縦に切つて左、右に2分したとすると、上式で $S \rightarrow S/2$ 、 $Sh \rightarrow Sh/2$ となり、水平尾翼容積比Kの値は同一であつて、縦安定に関しては変化は無いと言える。他の型（B）～（E）についても同様と考えられる。

つぎに主翼および水平尾翼などの配置および形状が異なる対称型の機体で、縦安定の十分に大きいものを2つをとり、その一方の機体の左半分と、他の機体の右半分とを用意し、両者の重心の位置が一致するように結合すると、この飛行機は当然左右非対称となり、しかも左右とも縦安定は十分に大きいから安定した飛行を行うことができると予想される。これらは図3の各型を相互に組み合わせることができ、その種類は表1のごとくなる。表の中で例えばAB型とあるのは図3に示す（A）型の左半分と、（B）型の右半部分を結合させたものであり、以下同様である。これらの具体的形状を図5に示す。

以下の機体を実際に飛行させるためには上述の縦安定のほかに横安定および方向安定を保つためにそれぞれ主翼上反角と垂直尾翼が必要であることは勿論である。また当然のことながら図3に示す対称型の機体の翼面積、その取付角などを適切に選定して、各型の飛行速度、例えば定常滑空速度を等しくした上で、図5の非対称型の組み合わせを作るものとする。

これらの非対称機の実現の妥当性を検証するために、図5の各型の紙飛行機を作り、手投げで定常滑空させたところ、いずれも正常に滑空することが確認できた。

またつぎのようなことも明らかになった。すなわち図5のうちAB型（図6）とDE型（図7）を取り上げて比較してみよう。AB型は類似した普通型（A）および（B）（ただし後者は揚力尾翼型）の組み合わせなので、問題は少ないように思われるが、飛行速度を定常滑空速度よりも増加させた場合、（A）は機首が上を向く傾向が強くなり、水平尾翼の取付角を変えて機首下げにトリムしない限り、速度の大幅な増加につれて宙返りにつながって行く。これに対し（B）はこの傾向が少なく速度を増加させても機首上げの傾向は小さい⁽¹⁾。従つてこの2つの型を左右に組み合わせて非対称機（AB）を構成した場合、速度変化により横転が発生する。これに対して一見極端な組み合わせの非対称型に思われる図7のDE型は飛行速度が大幅に増加した場合にも横転の傾向は殆ど

現れない。

写真1はDE型を実際に戸外で飛ばすために設計した紙飛行機の例である。ゴムカタパルトせ発進させて15～20mほどの高さに上昇させて頂点近くで定常滑空に入れる。発進時の速度は定常滑空速度の数倍以上に達するが、横転することなく急速に上昇し、つぎにゆるやかな定常滑空に入り滑空する。滞空時間は20～30秒程度である。

以上のように図5の組み合わせの中にも飛行特性に関して優劣があるので、実際に飛ばす場合には組み合わせを選ぶ必要がある。紙飛行機の場合は無理であるが、それよりも大型の実物機を含めて考えればコンピューター制御の自動トリムも可能である。しかし、トリム抵抗は少ない方がよいので、やはり組み合わせの優劣を比較の上、目的に応じた非対称機の型を選ばなければならないのであろう。

上に説明したように、課題にもよるが、ある発想に対して、その基本的な合理性を手軽に検証するための機材として紙飛行機が有効である場合もある。

参考文献

- (1) 金田弥奈・加藤寛一郎 “模型滑空機の最長時間滞空について”
日本航空宇宙学会誌Vol.39, No.453, (91.10)

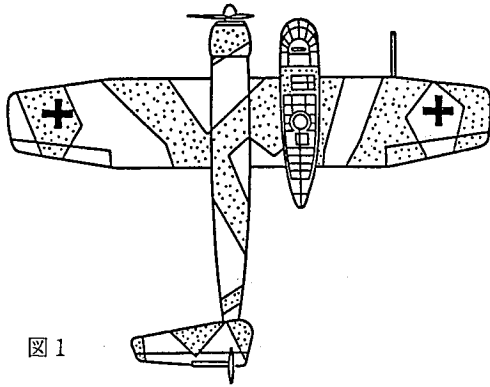


図1

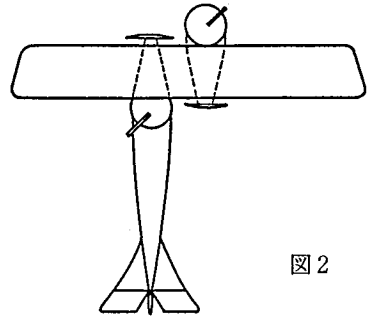


図2

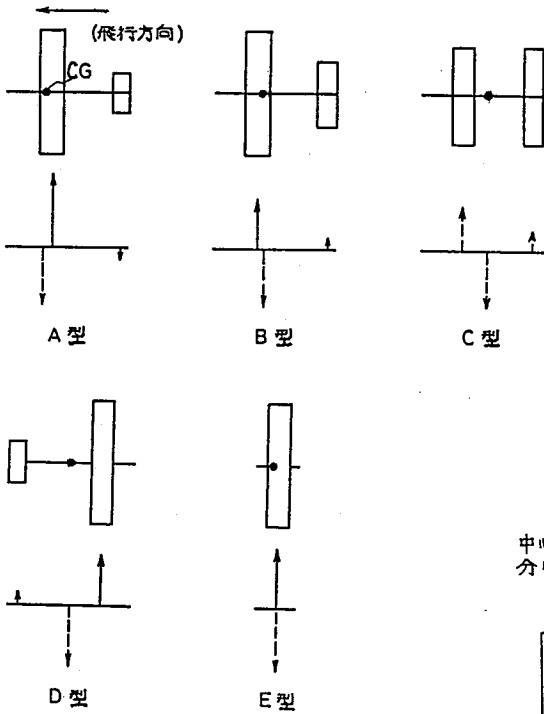


図3

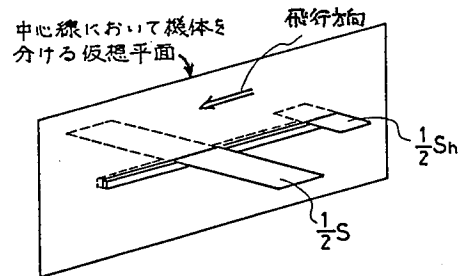


図4

	A	B	C	D	E
A		AB	AC	AD	AE
B	*		BC	BD	BE
C	*	*		CD	CE
D	*	*	*		DE
E	*	*	*	*	

*印は、ABとBA、ACとCA…などは同じものであるから省略したことを示す。

表1

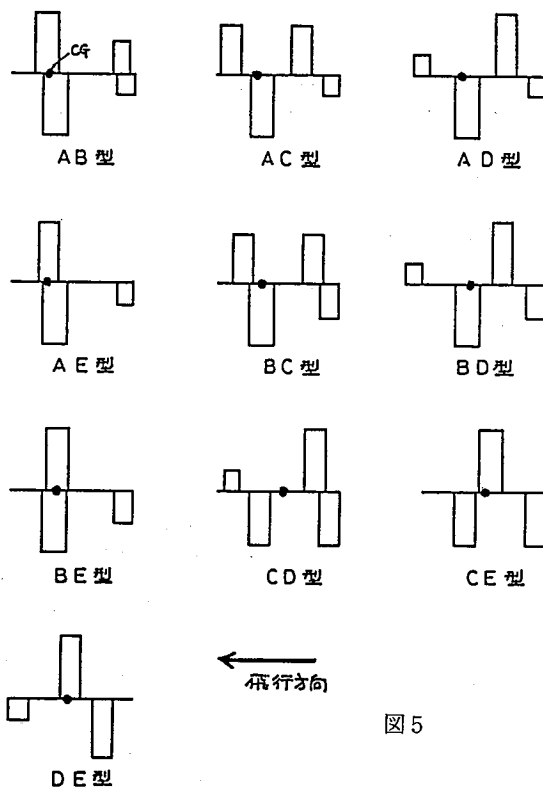


図5

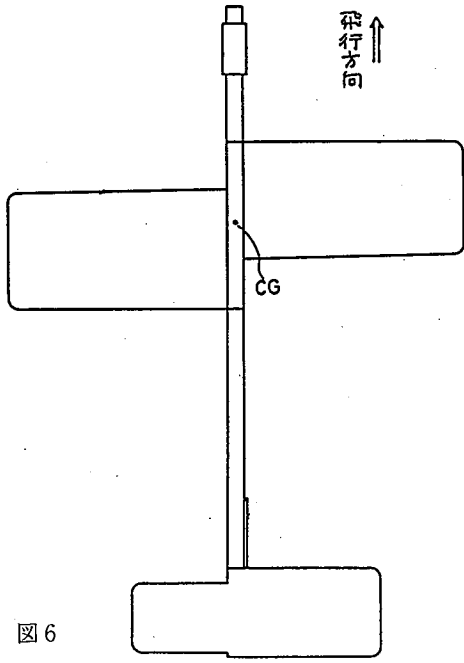


図 6

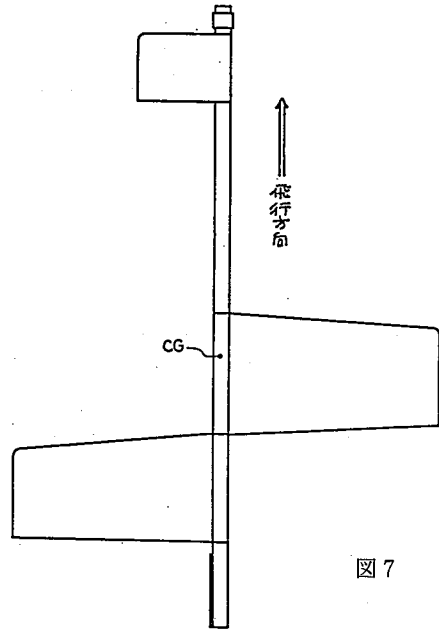


図 7

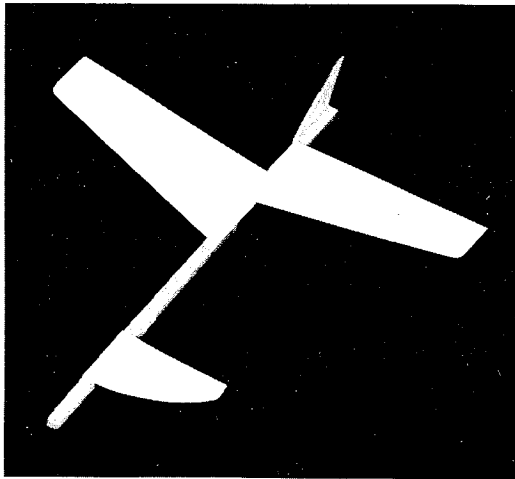


写真 1