

## 紙飛行機教室のあり方： その2 - 飛行原理の理解の促進

丹波 純

小松 秀二

How to teach a class on paper gliders : Part II A help to understanding the principle of flight

Jun Tamba

Shuji Komatsu

*Key Word: instruction, paper glider, science, education*

### 1. はじめに

一般にハイテク機器の固まりとされる旅客機も、基本的な飛行の原理、すなわち、揚力の発生原理や機体の操縦原理などは、紙飛行機のそれと同じである。旅客機を設計、あるいは操縦することはそれぞれの専門家に任せるほかないが、紙飛行機の場合には、一人で設計から製作、飛行、操縦までを一貫して行うことが可能である。このため、紙飛行機は、航空工学のみならず、設計、製作、評価というモノづくりの基本を実践するよい教材となりうる。実際に、都立航空高専<sup>1)</sup>、釧路高専<sup>2)</sup>などでは、授業で紙飛行機を取り上げており、学生にも人気の科目となっている。

10年ほど前より著者は、学校、科学館、市民センターなどの依頼により、小学生やその親と一緒に紙飛行機を作り、飛ばす紙飛行機教室を行ってきた。当初、作り方、飛ばし方の説明のみであったが、最近では、実物の飛行機とも関連づけて、飛行の原理も併せて紹介することを試みている。これは、紙飛行機という「遊び」の中にも、ハイテク旅客機と同様の「科学」が潜んでいることを示し、子供たちに科学を身近に感じてもらい、少しでも多くの子供に科学的な好奇心、探求心を持ってもらいたいと考えるためである。

本報では、主に小学生とその親を対象とする紙飛行機教室において、飛行の原理、操縦法などを説明する際に、著者が行ってきた簡単な実験などを具体的に紹介する。また、参加者から得たアンケート結果をもとに、科学好きな子供を増やす方策も検討する。

### 2. 原理等の説明にあたっての注意

航空工学の専門家ではない、一般の親子を対象とした紙飛行機教室において、大学等で教わる飛行原理を説明し、完全な理解を求めることは困難であり、意味がない。重要なのは、飛ぶためには何らかの必要条件があること、また、操縦法においても、舵の操作という原因に対して、飛行経路の変化という結果が生じることなど、科学的要素の存在を参加者に印象付けることである。そのためには、専門用語を濫用した説明は避け、言葉による説明も最小限にし、子供たち自身が見たり体験して、直感的に理解できる実験を導入する必要がある。

また、親子を対象とする紙飛行機教室では、親にも興味を持ってもらえるよう、話題や話し方を工夫する必要がある。これは、以後、家族で飛行機を見たり、乗ったりした際に、親が子供に対して、飛行原理、あるいは紙飛行機との関連を話題とすれば、子供の理解が促進され、好奇心も増すことが期待できるためである。すなわち、親に科学に対する興味を持ってもらうことが、子供を科学好きにする近道である、と考えるためである。

### 3. 紙飛行機教室の概要

#### 3.1 教材の紙飛行機

本報では、著者の一人が初心者の教室用に設計した「フリー・フライト Jr.」(図1)を教材とする場合について述べる。この機体と、前報<sup>3)</sup>で紹介した「スカイカブII」との主な相違点は、以下のとおりである。

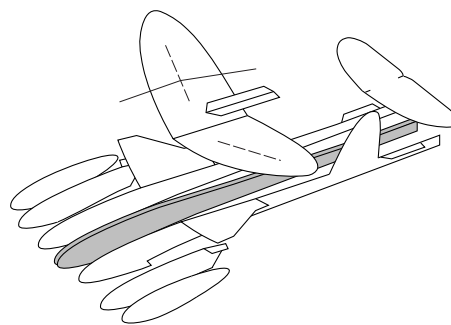


図1 「フリー・フライト Jr.」の組立図

(1)バルサ胴体の両側全面に紙を接着し、胴体の強度を向上させるとともに、水平尾翼取り付け用の糊代を確保した。

(2)主翼を胴体に取り付ける糊代部分を大きくし、これに主翼補強の機能を持たせた。

(3)主翼、尾翼の強度向上のため、250kgのケント紙を用いた。

(4)重心位置調整のため、機首部に紙製のおもりを貼ることとした。

(5)主翼に付けるキャンバーは、断面を「へ」の字状とし、折り曲げの位置が明らかとなるように、翼幅方向にプレスを入れた。

(6)ゴムカタパルトで発射する際に、水平尾翼より後方の胴体を持てるよう、胴体を後方に延長した。

前報<sup>3)</sup>のアンケートの結果より明らかなように、参加者の中には接着剤の使用経験がない子供も少なくない。そのため、この機体は、多少接着剤の使用に不備があっても壊れにくく、初心者がある程度満足する飛行ができるよう設計してある。紙飛行機に興味を持った参加者には、さらに軽量化や空力的最適化がなされた高性能キット<sup>4)</sup>があることを紹介し、後日、挑戦していただくよう勧めている。

#### 3.2 カリキュラム

紙飛行機教室のカリキュラムは、前報<sup>3)</sup>のものに準じ、2時間半程度のものとする。すなわち、製作（1時間）、乾燥時間を利用した飛行原理説明のための実験（30分）および調整方法の説明、試験飛行、各自の自由飛行（1時間）を行う。飛行原理の説明のための実験・実演は、教室全体の時間制限もあるため、以下に述べる4項目としている。

### 4. 飛行原理の説明のための実験

#### 4.1 重心の実験

この実験は製作段階の途中で、気分転換を兼ねて行う。「フリー・フライト Jr.」は、バルサ胴体の両側全面に紙を接着した後、主翼、水平尾翼を取り付ける。この段階では、重心位置は翼弦の先端より110%付近にある。そのため、このままの状態では水平に飛ばすと、直ちに機首上げとなり、失速する。これを利用して、飛行機における重心位置の重要性を示す。

まず、完成している機体を水平滑空させ、次に、上記製作途中の機体を水平に投げ出す。両者の飛行経路の違いを参加者に確認させ、なぜ後者が安定した水平滑空をしないのかを問う。「おもりが足りない」、「後ろが重い」などの答えを導いた後、各自に機体の重心位置を調べさせ、主翼翼弦内に重心がないことを確認させる。指導者は、完成機の重心位置も併せて示し、違いを説明する。

このように、実験を通して重心位置や、それを調整するためのおもりの重要性に気付かせれば、参加者はその意義を感じつつ、おもりを接着する作業ができる。

#### 4.2 スプーンの実験

紙飛行機の製作過程において、初心者には難しく、しかし最も重要な作業は、主翼にキャンバーをつけることである。作業の説明を注意深く聞いてもらうためにも、揚力発生原理を事前に説明し、その意義、重要性を理解してもらう必要がある。

実験に必要なものは、ジャンボジェットなどの実機のプラモデル、回流式水道蛇口(図2)、スプーン、説明用のイラストボードである。まず、実機のモデルを使い、翼は平面型以外に、断面形状にも特徴があることを示し、翼型とその周囲の空気の流れを記したイラストボードを併用して、簡潔に揚力発生原理を説明する。次に横に向けたスプーンを、翼型のイラストに重ね、形状の類似性を確認

させる。そして、蛇口から流れ落ちる水にスプーンの凸面を接触させると流水側に引き寄せられることを実演しながら説明する。

次に、教材の紙飛行機では、キャンバーの湾曲面を「へ」の字状に簡略化していることを説明し、各自に丁寧に主翼のキャンバーの調整をしてもらう。その後、乾燥時間および休憩時間を兼ねて、親を含めた参加者全員に実際にスプーンの実験をやってもらい、予想以上に強い「揚力」を指先で体験してもらおう。この実験はすでに多くの書物<sup>5)</sup>で紹介されているが、紙飛行機教室に装置を持ち込み、その場で参加者に実際に体験してもらうことに意義がある。

#### 4.3 船の実験

飛行機を左右に旋回させる場合には、主に垂直尾翼の方向舵を操作するが、これを船の模型の舵（かじ）に対応させて、模型の船を水槽で実際に航行させ、操縦の原理を説明する実験を行う。深さ10cm程度の水を入れた、70×30cm、高さ30cm程度の透明容器、および乾電池で動く模型の船を準備する。船には、目立ちやすいように、あらかじめ大きな舵を取り付けておく。

実験の導入としては、船を見せる前に、子供達に最も身近な自転車、および自動車の進行方向を決める操作について考えさせる。すなわち、ハンドルの操作、タイヤの向きの変化、進行方向の変化、という原理を再確認させる。その後、船の場合について質問し、「舵（かじ）」という言葉が出た段階で、模型の船を見せる。そこで、「舵の後ろへりを左に曲げると、この船は左右のどちらに進むか」を考えさせ、実験前に挙手で子供、さらに親の予想を聞く。この時点で、子供の正解率はほぼ6割、親の場合は8割程度である。

実験では、まず、舵を真っ直ぐにし、船が直進する実演をした後、舵を左に傾けた場合を行い、両者の相違点を確認させる。さらに、舵を右に傾けた場合には、右に進むことも確認させる。実験終了後、船の舵は飛行機の垂直尾翼に相当することを示し、実機も旋回のために方向舵を操作していることを説明する。この実験では、船と飛行機とに操縦に関して類似性があることを示し、子供や親が、科学における横のつながりにも興味関心を持ってくれることも期待している。

#### 4.4 操縦実演

船の実験に引き続き行い、尾翼の角度（ねじり具合）を調整することで、同一の紙飛行機でも飛行経路が著しく変化することを示す。少なくとも、左右の旋回、上昇、降下について行い、各々の違いが明らかとなるよう、多少大げさな舵の操作を行う。

同様の実演は、参加者の自由飛行時間中にも行い、各自が機体の調整を行う際の参考にしてもらう。一見、気まぐれに飛んでいるように見える紙飛行機も、科学的な理由で飛行経路が決まっていることを再度強調し、理解してもらう。

### 5. アンケート結果

教室終了後、参加した子供（小学校1～6年、男子49人、女子32人、合計81人）にアンケートを行い、教室の中で何を「面白い」、あるいは「難しい」と感じたかを調査した。回答は、選択肢の中から2個選ぶ形式とした。その結果、図3に示すように、「面白い」、「難しい」とも製作や角度の調整、および自分で飛ばしたことが上位となり、教室を通して印象に残ることは、自分自身が行う作業であることがわかる。これに対して、実験などの印象は比較的薄い。

同時にこのアンケートでは、好きな科目を2つ回答してもらった。好きな教科に「図工」を含めた子供と、そうでない子供が、製作段階と、スプーンまたは船の実験とについて、面白いと感じた割合を図4に示す。図工以外の科目を好きと回答した子供は、62%が製作段階を面白いと感じたのに対し、図工を好きと回答した子供は53%にとどまっている。一方、実験に対しては、図工を好きと回答した子供の方が、そうでない子供より面白いと感じる割合が高い。なお、理科を好きな科目に選んだ子

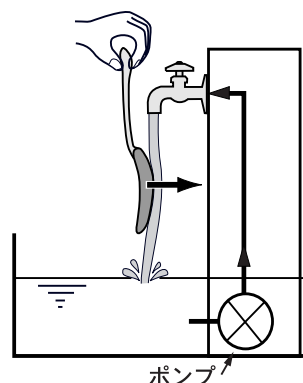


図2 回流式水道蛇口

供は、その50%が実験を面白いと感じており、他に比べて高い割合となっている。

この結果は、紙飛行機のみならず、「工作」と「科学」との関係を示していると考えられる。それは、第一に、図工を好きとは思っていない子供も、実際に工作を体験すれば、面白いと感じる可能性が高い。第二に、図工の好きな子供は、実験すなわち科学にも興味を持ちやすい、ということである。

そこで、科学好きな子供を増やすための方法として、次のようなものが考えられる。まず、工作が好きではない子供にも、実際の作業を体験させて、その楽しさ、達成感などを味わってもらう。次に、各自が製作するものに関連した科学実験を体験させる。すなわち、工作、モノづくりを通じて、科学への興味を拡大してもらうのである。

青少年に対する科学技術の魅力の普及啓発にあたっての推進方策を調査するために、(社)日本工学会が行った調査研究<sup>9)</sup>では、幼稚園から小学校まで

の間に、「理工好きにするキッカケ」を与えることが重要である、家庭、学校、博物館や科学館、公民館などがその機会を提供する、自然に親しむこと、科学実験や手作りあるいは壊す遊びを通じて好奇心・興味を育成することが重要である、と結論づけている。本報のアンケート結果より導かれる科学啓発の方策は、上記と一致しており、工作など実体験の重要性をあらためて確認することとなった。

## 6. おわりに

「理工系離れ」という言葉を聞くようになって久しいが、科学技術立国を目指す我が国にとっては、多くの科学好きな若者を育成することが最重要課題となっている。紙飛行機教室には「工作教室」と「科学教室」の両方の要素が備わっており、「遊び」を通して「科学」を楽しめる場と言える。学校週5日制の導入により課外における社会教育の重要性が高まってきている昨今、数多くの紙飛行機教室が有意義に開催され、少しでも多くの親子が科学に対して興味を持ってくれることを切望している。

## 謝辞

紙飛行機の魅力に著者に身を持って教えて下さったのは、吉田辰男、二宮康明の両先生であり、また、紙飛行機が単なる趣味のものだけではなく、利用法により科学の優秀な教材になり得ることを教えて下さったのは、福島大学名誉教授小田健二先生であります。ここに記し、深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1)飯野：第3回スカイスポーツシンポジウム、1997、pp.83-86
- 2)日刊工業新聞、1998.1.19
- 3)小松、丹波：第4回スカイスポーツシンポジウム、1998
- 4)例えば、二宮康明：Whightwings シリーズ、エージー社  
 吉田辰男：めざせ世界一！競技用紙飛行機集、誠文堂新光社、1986  
 二宮康明：競技用機10機選、誠文堂新光社、1987
- 5)例えば、加藤寛一郎：隠された飛行の秘術、講談社、1994
- 6)文部省専門教育課、(社)日本工学会：生涯学習活動の促進に関する研究開発、1998

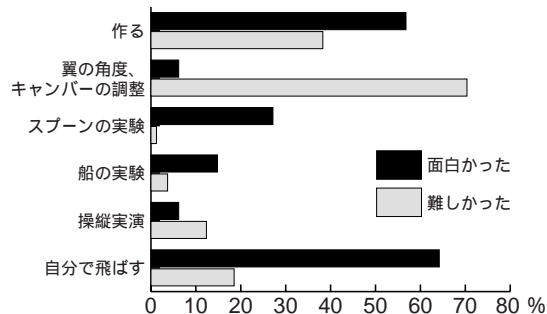


図3 紙飛行機教室の感想

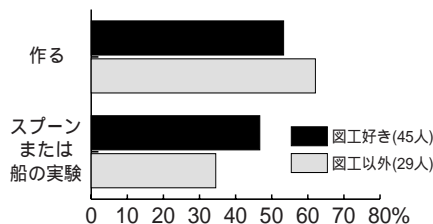


図4 製作段階と実験に対して面白かった割合