

飛行船の設計（総合編）

飛行船で参加する場合、①エンベロープ確保(浮上)、②推進システム搭載(パワー)、③制御システム搭載(コントロール)、④観測システム搭載(カメラ：ペイロード機器)、⑤マヌーバの慣熟(操縦)、⑥観測技術の向上(認識) を実施する必要があります。抜けが無いよう、再度検討してください。

総合編では、最大容積1立方m未満の飛行船を設計・製作・飛行・改修する中で共通する、幾つかの事象を総合的に概説します。

*** 概要 *****

1. エンベロープの取り扱いや浮力 : (1)浮揚ガス、(2)ガス注入口、(3)ガス注入、(4)浮力、(5)保管
2. 推進システムのパワーの目安
3. 軽量化へのヒント
4. 飛行船の飛行訓練 : (1)試行事項
5. 飛行時の注意事項 : (1)飛行環境、(2)機体移動時
6. ヘリウムガスの膨縮によるエンベロープの破裂や萎縮

1. エンベロープの取り扱いや浮力

(1) 浮揚ガス

飛行船に使う浮揚ガスはヘリウムガスのみとし、また、浮揚ガスは加熱しないようお願いいたします。

(2) ガス注入口

飛行船のヘリウムガスを入れた袋（船体）をエンベロープと言います。ヘリウムガスをエンベロープへ注入する場合、その注入口部分は機体を掴むために使用しないでください。ガス漏れの主な場所は、ヘリウムガス注入口です。ヘリウムガスの注入口は、注入・排気が容易な構造にし、かつガス漏れが起き難くするのがポイントです。注入口は、しっかり密封してください。逆止弁などもありますが、ヘリウムガス注排気頻度に比例して漏れ率が高くなります。

(3) ガス注入

エンベロープ注入口から離れた2箇所以上に、機体を保持するためのヒモなどを取り付けて、3人程度でヘリウムガスを注入するのが良いです。ヘリウムガスを注入する部屋の天井は低い方が良く、万一、保持するヒモが外れてエンベロープが上に揚がってしまった場合、簡単につかめる高さの場所で実施します。

ヘリウムガスの入ったエンベロープは必ず密封しておいてください。注入口を開いた状態で、注入口をエンベロープの下にして放置すると、次第に空気が流入し、浮力が激減します。ヘリウムガス注入時にも言える事です。ヘリウムガスの注入は、手際よく行ってください。

(4) 浮力

ヘリウムを充填して数ヶ月後にエンベロープが萎んでいたため、ヘリウムを追加注入して前と同じ大きさに膨らませたのに、以前より大幅に浮力が減る場合があります。1ヶ月以上経過している場合（時には10分間程度でも）、空気が外から混ざる可能性があります。1ヶ月以上経過していたら、一度全て排気してから新鮮なヘリウムガスを再充填したほうが、結局はガス代節約になります。

標高が100m低い場所で、同じ飛行船にガスを充填すると浮力が約1%増えます。標高の高い地域で飛行船を作るチームは、会場での浮力増を加味して、おもりを用意してください。

気温が約5℃高い場所で、同じ飛行船にガスを充填すると浮力が約2%減少します。北海道の寒冷地で飛行試験を繰り返し、ぎりぎりの浮力を確保した飛行船の場合、会場で浮上しない場合があります。

す。気温が 20℃程度でも浮力を確保できるよう設計（オモリを搭載して調整）してください。

(5) 保管

電池を取り降ろし、ヒモを付けて繫留浮上させることが可能です。床や卓上に十分なオモリを置き、これに繫留します。電池分の余剰浮力で浮かせます。ヘリウムガスを補充すれば数ヶ月以上浮いていますが、ガス代との相談になります。浮く力が弱くなったり数ヶ月飛行させない場合には、エンベロープ内部の気体を完全に排気し、他の機器がエンベロープを破損させないようにして保管します。

飛行船の破損は、人が触れることや突起物が接触することで生じます。取り扱いさえ間違えなければ、自作飛行船でも 10 年以上維持できます。

2. 推進システムのパワーの目安

全重量の 5%以上の静止推力を確保した方が良いでしょう（目標は 10%くらい）。最近の高性能ペラと、リポやブラシレスモータを組み合わせれば、全備重量の 30%程度の静止推力を得ることも難しくありません。静止推力は、推進装置を電子天秤上に置いて動作させれば、相対的に簡単に計測できます。

3. 軽量化へのヒント

製作時、重量を設計値に近づけるため、軽量化に苦労します。化学実験室の電子天秤や、調理用品売り場でも売っている家庭の台所で使う電子天秤を用いると良いでしょう。最低でも 1 グラム単位で計測できるものを、できれば 0.1 グラム単位で計測できるものを選びます。最大で 300 グラムまで計れるものがあれば十分です。ヤスリで削りながら、天秤で計りながら、強度と相談しながら、軽量化してください。基板の厚み、半田の軽減、構造の中抜き、不用部分の切断、材料の発泡スチロール化やフィルム化、コネクタの小型化、配線の短縮や電流値にあわせた細線化など、いろいろと考えられます。

ただし、小型サーボなどはケース自体に構造強度を持たせているものがあるので削ったり外す場合には注意してください。市販の超小型サーボでも、標準で飛行を阻害するようなカタカタというハンチングを起こすものもありますので、必ず動作確認を行ってから搭載の可否を決定してください。また、一部の超軽量ラジコン受信機ケースなどは、外すと電磁障害を起こし誤作動するものもあります。型番・社名の入った銀色のシールがアルミを含んでおり、電磁シールドの役割を持たせているものもあります。

4. 飛行船の飛行訓練

飛行船は、製作時の試行錯誤段階に飛ばすだけでなく、早めに本番のパイロットが、十分に慣熟訓練を実施してください。文字を読む人は、実際に大会で使用する機体に、使用するカメラを搭載し、事前に映像の乱れなどを確認したうえで、文字判読練習を行ってください。

(1) 試行事項

多くの参加チームは、数 m 四方の製作現場（教室、研究室、部室などの室内）で、旋回させるなどして飛行させるものと想像します。飛行実験を行う場合には、早い時期に、必ず体育館やホールなどの広く高い屋内で、10m 以上の直線距離を加速飛行させたり、数メートルの上昇降下、八の字飛行、ホバリングを試みてください。水平飛行や方向転換なども組み合わせると良いでしょう。2機製作してバトルするのも、良い試行になります。

具体的な方法として：大きな箱を用意して車庫入れ。ミカン箱を用意して、この上に着陸。ひも付きのヘリウム風船を 2 個用意し、これを離れた 2 地点に置いて八の字飛行の練習。ヒモの付いたヘリウム・ゴム風船をたくさん用意して床から係留し、飛行船の先端に画鋸などを付けて風船割り。ハードルを設置して、その回りを回るなど、色々と考えてください。

狭い室内で低速旋回飛行ばかり行っていると、慣熟訓練不足や機体の飛行特性未知により、大会会場の広くて高い空間を、うまく飛行させられない場合があります。

5．飛行時の注意事項

(1) 飛行環境

飛行試験を行う場合には、必ず室内で実施し、屋外に通じる扉や窓は全て閉じてください。室内から屋外に向う小さな気流がある場合、機体が屋外に吸い出される可能性があります。無壁舎での実験は行わないでください。

飛行時は、空調を停止させて実施してください。空調からは、その送風による気流ばかりでなく、熱の交換による空気の対流が発生し、飛行の妨げになります。各種ストーブや除湿機、加湿機付近でも同様です。これにより、見かけ上、浮力が増えたように見えたり、浮力が下がったように見える事があります。また、空調の吸気口が天井などにある場合、吸気口に飛行船が吸い付きます。大会当日の会場では空調を止めますので、空調が効いた状態の中を飛行させる必要はありません。

屋内天井部分に複雑な設備がむき出しになっている場合、飛行船が配管などに引っかかり、下に降ろせなくなることがあります。このような場合には、決して天井に上らず、飛行させている建物施設の管理者にお願いして、降ろしていただいでください。

部屋の照明がハロゲンランプや裸電球である場合、機体が照明に接触して機体を破損させたり、袋が熱で燃焼する可能性がありますので注意してください。

空調出口付近の気温は、室内平均気温より著しく高いか低いため、高い場合には気嚢が膨張し、裂けて浮揚ガスが漏れる可能性があります。室内上部と下部の気温差により同様の事態が生じる事もあります。

(2) 機体移動時

建物から他の建物へ、ヘリウムガスを入れた状態で飛行船を運ぶ場合、出口や、通路の切れ目などで、風に飛行船を持っていかれる場合があります。たいした風でなくても大きな力を受けます。壊さない程度にしっかりつかみ、風に逆らわないよう、機体の向きを変えて移動させてください。風の強い日の屋外を通過する移動は、避けるべきでしょう。

6．ヘリウムガスの膨縮によるエンベロープの破裂や萎縮

ガス漏れがあればエンベロープは萎みますが、ヘリウムガスを追加補充しないのにエンベロープが膨らんで破裂したり、ヘリウムガスが漏れていないのに萎縮する場合があります。もちろん、エンベロープに構造上の欠陥が無いことを前提とします。当然、以下のようなことが考えられるのですが、このスピードは想像以上に速いものです。

- (1) 飛行終了後に暖房を運転再開すると室内が暖まり、ビニールなどプラスチックフィルムを使用したエンベロープであれば、ミシミシ音を立てながらヘリウムガスが一挙に膨張します。もしも、エンベロープがパンパンになるまでヘリウムを入れた状態で涼しい室内を飛行させた後であるなら、エンベロープが裂ける危険があります。
- (2) 暖房の入った室内でエンベロープにヘリウムガスを充填してから、飛行船の飛行開始直前に暖房を切ったとします。室内は徐々に涼しくなりますから、密閉されたエンベロープ内部のヘリウムガスは徐々に収縮します。ぶよぶよになったエンベロープを見て、エンベロープに穴が開いたと勘違いする場合がありますので、注意してください。必ず浮力を計測し、確認してください。
- (3) 室内の床付近で飛行船を調整してエンベロープをパンパンに膨らませた場合、さらに室内上方の温度が高いと、飛行船が天井付近で飛行しているときに、ヘリウムガスが膨張してエンベロープが裂ける場合があります。
- (4) 普段冷房の入った部屋で実験するなら(1)や(2)は逆の現象となります。

[以上、総合編おわり]