

ペットボトルロケットの翼に関する考察 A Study on Wings of PET Bottle Rockets

柴田 洋一^{*} 高松 竹男^{**}
Yoichi Shibata^{*} Takeo Takamatsu^{**}
^{*}一般物理 ^{**}技術室

概要

ペットボトルロケットの工作上、翼部分は最も精度が要求されやっかいである。しかし翼は実はもっと単純な構造で同様の効果が得られる。形状と同時に翼の取り付け位置も変え、どのように飛行が変化するか実証実験を行った結果を報告する。またこれらの実験を通して、翼の働きについても考察をおこなった。

1. はじめに

水ロケットは元々はアメリカ製のおもちゃで普及していた。そのころ使用していた本体はペットボトルではなく、別の素材で出来た容器を使用していたらしいが、壊れやすいものであったときく。それをもっと簡単に丈夫なもので出来ないか、と考えていたのが、愛知と岐阜の高校の物理教師でつくっている「愛知・岐阜物理サークル」である。筆者の知る限り、彼らによる著書[1]に 1988 年に紹介されていたのがペットボトルロケットの最初ではないかと思われる。

このときのロケットは大変単純なもので、裸のペットボトルにゴム栓をしただけのものである。運動量保存則などの現象がむき出しなので物理の教材としてはむしろ好ましく、筆者らが小山高専の授業で行っている学生実験ではこのスタイルを用いている。

その後、愛知岐阜グループによる改良[2]に加えて、ペットボトルロケットに興味を持つ人々が様々な会を作り、それらの人々によってペットボトルロケットはよりロケットらしい形に進化し、現在一般によく知られているペットボトルロケットの形となった。そうした会の一つに、日本ペットボトルクラフト協会があるが、この会で

は競技会などを主催し、またペットボトルロケットに関する本も多数出版されている[3-5]。

筆者らは小山高専の地域連携事業の一環として、平成 15 年から小山市教育委員会大谷公民館との共催で、ペットボトルロケットの科学教室を夏に開催している。しかし受講対象者は小学生であり、保護者が同伴しているものの、工作と競技を含めすべて終了するまで 3 時間 (am9:00~12:00) という制約を考えると、複雑な工程はなるべく簡略化し、なおかつ飛行距離などの効果はできるだけ損なわれないよう工夫する必要がある。

市販されている本[3-5]で紹介されている工作法は、誰にでも出来るよう比較的簡単な方法で書かれているが、翼の部分だけが複雑である。科学教室の実施にあたって、この部分の工作が問題となった。そこで翼の簡略化を目指こととなった。そのためには翼の働き、形状、位置など複数の視点からの考察が必要である。実際にいくつかの方法を試し、その結果を報告する。

2. 標準的な翼



Fig.1 標準翼ロケット

2-1 工作法

市販されている本のひとつ[4]に紹介されている製作方法の概略を Fig.2 に示す。

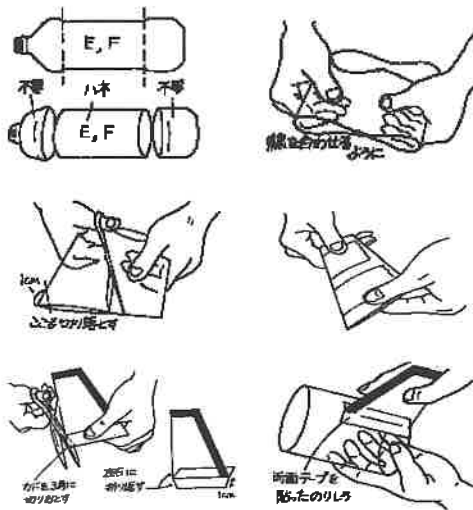


Fig.2 標準的な翼の製作方法

実際には細かな注意が必要である。うっかりすると翼自体のゆがみも生じやすく、スカート部分への取り付けも曲がりやすい。このように工程も多く精度も要求されるため、一般の大人でもなかなか根気と時間のいる作業となっている。

2-2 標準翼による飛行

標準翼で実際に飛ばしてみた。条件は、水を 400cc、空気は標準的な自転車用空気

入れて 40 回、発射台角度は水平に対し 60° である。



Fig.3 発射台の様子

発射直後、飛行距離にして約 10 数mのあたりで水と空気はほとんど噴出しきってしまい、推進力はこの時点で失われていると思われる。その後、数十mをグライダーのように滑空して、結果として 100m 近い飛距離が出る。すなわち飛行のほとんどは滑空によるもので、推進されているのは最初のほんの 1 秒前後である。このことから、ペットボトルロケットを飛ばすには、姿勢制御と滑空効率が重要であることがわかる。

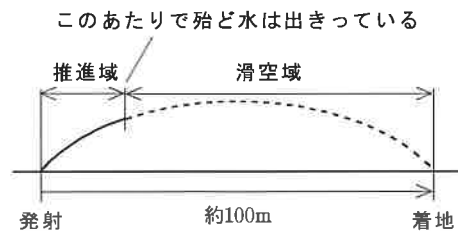


Fig.4 標準翼ロケットの飛行状態

3. 翼のない場合

Fig.1 から翼を取り去ったものが Fig.5 である。



Fig.5 無翼ロケット

無翼ロケットは発射と同時にボトルが回転し始め、全く姿勢制御が出来ずに至近距離

で落下した。滑空といえるものではない。滑空性能のみを確認するため手で緩やかに投げてみたが、結果は同様、姿勢が安定せず、頭が進行方向を向かず、回転しながら落下した。無翼では空気の整流が出来ず、滑空できないと考えられる。

このことは発射時に強い推進力を受けている段階でも大きく影響し、発射直後にすでにロケットは無秩序な方向を向く。

4. ボトルを用いた翼

翼の働きで、初めに考えられるのは空気の整流である。そこで標準翼と同様な整流効果が見込める代替物として、500cc のペットボトルを用いることにした。頭部と底部を切り落とし、胴体の部分を翼に用いた。



Fig.6 ボトル翼ロケット

この方法なら工作も簡単であり、またスカート部分との接続もビニールテープなどで簡単に行える。精度もさほど神経質にならずにすむ。

飛行状況はきわめて良好である。標準翼と全く同じ飛行が得られた。推進時も滑空時も安定した姿勢で、飛距離は約 100m あった。

確認のため手で投げたが、この場合もまっすぐに滑空し、安定した飛行が得られた。

5. 翼の位置

次に翼の位置について考察を進めた。空気の整流が翼の主たる役割なら、位置としては胴体の中程にあっても良さそうである。



Fig.7 中間位置の翼

結果としてこれはほとんど飛行できなかった。発射直後の推進時において、すでに姿勢がくずれ、その後本体は無秩序な回転をしながら至近距離の地面にたたきつけられた。

手で投げても同様に、滑空はしない。

6. 中間部と底部に翼をつけた場合

底部に翼がある場合には姿勢制御がうまくできていたので、胴体の中間部と底部の両方に翼をつけた場合にどうなるか試した。

結果は、この場合もうまく飛行できなかった。中間部翼の場合と同様、発射直後に頭は進行方向と異なる方向を向き、その後は無秩序な飛び方をして至近距離に落下した。



Fig.8 中間部と底部に翼を持ったもの

7. 翼の働きについての考察

このことから、翼の働きについて重要な情報が得られた。初めに我々が考えたのは、単に空気の整流を行えば姿勢を進行方向へ保つことが出来るのではないかというものであった。この仮説が妥当であれば、中間部と底部の両方に翼を持つこのタイプが最も安定した飛行をするはずである。

しかし結果は逆であった。中間部の翼がかえって姿勢制御の邪魔をしたのである。

翼は底部のみにあった方がいい

これは翼が、まるで和風のしっぽのように、適度な抵抗を持つことによって姿勢を安定させているかのようなのである。

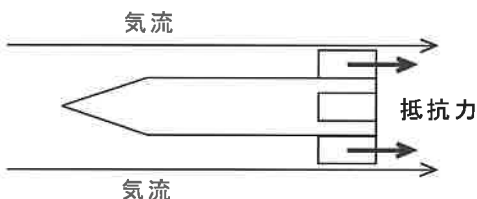


Fig.9 気流と翼抵抗の概念図

翼で生じる空気抵抗によって姿勢制御しているとすれば、要は底部分に空気抵抗を生じる物体をつけてやればよいことになる。

8. 風（蛸？）型の足

次に空気抵抗を生じさせる方法として、Fig.10 に示すように、ペットボトルを縦に切りとったものを底部に取り付けた。まさしく和風の足の原理である。

この結果は、決して良好というわけではなかったが、ひどく制御不能というものでもなかった。発射直後に姿勢が傾き、近くに落下したが、



Fig.10
風足型

3. 5. 6. の方法では発射直後に無秩序に激しく回転したのに比べて、

姿勢が崩れたという程度のものであった。ただし、手で投げたときは、やはり滑空は出来なかった。

このバリエーションとして、さらに空気抵抗を増すために、風足型に加えて何本かのビニールテープを底部につけた。こうなると風ならず蛸である。

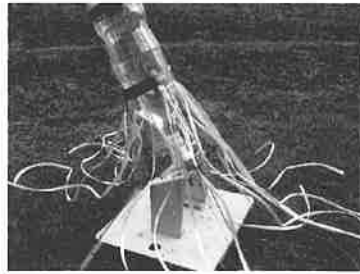


Fig.11 蛸足型

この蛸足型は風型に比べて全く飛行できなかった。無翼型などと同様に発射直後から姿勢が無秩序になり落下した。

Fig.10 と Fig.11 の違いは空気抵抗の大きさだけでなく、むしろ足が固定されておらず、気流によって足がバタつくことにあるように思われる。これが気流の整流を壊しているのではないか。

足を固定する方法は今回試さなかったもので、あくまでも推測でしかないが、整流出来ればそこそこ姿勢制御できるのではないだろうか。

9. 翼の数

翼がどのような働きをするのか、またその形状と取り付け位置について情報が得られてきた。ここまでの実験では、翼は500cc ボトルを使うこと、取り付け位置は底部が良好であることがわかった。次に翼の数について実験した。

9-1 3本翼

4. の実験では翼は4本のボトルを付け

たが、3本ではどうなるだろうか。



Fig.12 3本翼

この場合も良好な飛行が得られた。4本翼と同様、推進時も滑空時も姿勢は安定しており、飛行距離も 100m 近く得られた。手で投げた場合もきれいに滑空した。3本でも適度な整流と空気抵抗を生じさせることが出来るようである。

9-2 2本翼

さらに1本減らし2本の翼とした場合どうなるか。



Fig.13 2本翼

この場合は姿勢制御できず、他の方法と同様、方向が不安定で回転しながら落下した。2本では十分な整流と空気抵抗がつくられないと思われる。

手で投げても滑空せず、不安定に回転し、ふわふわ落下した。

10. まとめ

ペットボトルロケットの翼は、空気抵抗を生じること、および空気の流れを整流す

ることの2点によって姿勢の制御を行っていると考えられる。

姿勢制御の性能は滑空状態を調べることでわかるが、これは発射させる前に手で緩やかに投げて、ロケットがグライダーのように滑空するかどうか見ればよい。きれいに滑空するものは、実際に発射してもきちんと飛行する。

その結果、市販されている本で紹介されている作り方による標準的な翼以外に、500cc のボトルを用いても、同様な飛行結果が得られることがわかった。その位置は底部のみに取り付ける必要があることがわかった。

ペットボトルロケットの開発と製作および科学教室開催にあたり、小山高専技術室と機械工作研究部から多大な協力を頂いた。また吹奏楽部の学生諸君に手伝ってもらった点も多い。ご協力いただいた方々に感謝する。

参考文献

- [1]愛知・岐阜物理サークル「いきき物理わくわく実験」新生出版 1988 p.40
- [2]愛知・岐阜・三重物理サークル「いきいき物理わくわく実験 改訂版 2」日本評論社 1999 p.162
- [3]ペットボトルロケット研究会「これがペットボトルロケットだ！」ダイナミックセラーズ出版 1996
- [4]日本ペットボトルロケットクラフト協会「新・ペットボトルロケットを飛ばそう」ダイナミックセラーズ出版 1996
- [5]別府護郎監修「決定版ペットボトル・ロケット」KK ダイナミックセラーズ出版 1996

「受理年月日 2004年9月27日」

