

水ロケットに翼をつけることによる飛距離の変化について

名古屋市立向陽高等学校 科学部 水ロケット班

要旨

水ロケットが水を噴射し推進力を得るのは飛距離の約 20%しかないので、水ロケットに翼を付けることで推進力を失った後の滑空の効率を向上させ、水ロケットの飛距離を伸ばすことを目的に研究を行った。翼を付けることで滑空効率が本当に良くなるのかを確かめるために、水平に打ち出し比較する実験を行った。その結果、滑空部分の飛距離は翼ありの機体のほうが大きくなることが分かった。

1. 研究の背景・目的

水ロケットが推進力を得て飛行しているのは飛距離の約 20%しかなく、それ以外は慣性で飛んでいるという論文を見つけ、興味を持った。水ロケットに翼をつけることで滑空の効率を上げれば、飛距離を伸ばすことができるのではないかと考えた。上昇時の抵抗を減らすため、展開翼の製作を試みたが、上空で展開させることが難しかったため、まずは固定翼を付けて滑空部分のみを比較した。

2. 方法

[使用した水ロケット]

全長 71.5cm、重心は先端から 45cm、重さは 184g(翼付きは 233g)、先端から 25cm の位置にゴムをかける金具を左右 2 か所に取り付けた。製作した翼は横 70cm、縦 11cm で、0.9cm 四方の角材で組んだフレームにビニールを張った。

[実験の方法]

風のほとんどない室内で実験を行った。ゴムの長さは引っ張った機体の位置で固定した。飛距離は、ゴムを固定した位置の真下から、水ロケットの一部が接地した時のノーズコーンの先端までの長さとして設定した。

高さ 75cm の机を並べてレールにし、2 本のゴムで左右から引っ張り打ち出した。その様子を横から動画で撮影するとともに飛距離を測定し、翼のある機体とない機体とでそれぞれ 5 回ずつ繰り返した。また、撮影した映像を VLC media player で 1 フレームごと (ビデオのフレーム率が 29.99 フレーム/秒のため約 0.03 秒ごと) に切り出した後、画像解析ソフト ImageJ (FIJI) を用いてノーズコーンの先端でトラッキングを行い飛行の軌道を比較した。



3. 結果

翼の有無によって飛距離に差が出るのかを調べるため、水ロケットを水平に打ち出し、滑空部分の飛距離を比較した。その結果、右の表に示すように、翼ありの機体の方が、飛距離が長くなることを確認できた。

	1	2	3	4	5	平均
翼あり(m)	5.6	6.6	6.3	6.1	5.9	6.1
翼なし(m)	2.5	2.5	2.5	3.0	2.8	2.66

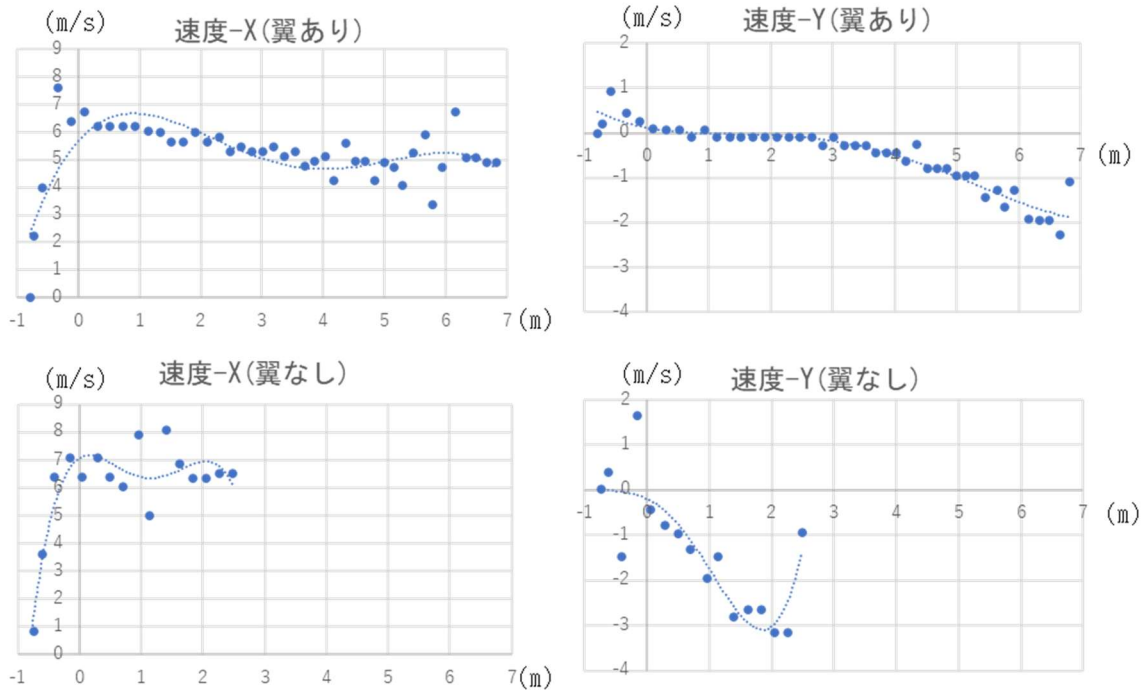
また、それぞれの水ロケットが接地した瞬間のフレームを合成し、飛行の軌道を下図のようにプロットした(赤:翼あり、黄:翼なし)。



翼ありの機体は水平に飛び出した後、少し頭を上げた姿勢を維持して(25 フレーム時点では 9.7°) 降下していったのに対し、翼なしの機体は発射後すぐに頭が下がっていた。

2つの機体で、X軸方向とY軸方向に分けた速度は下図のとおりである(横軸:距離, 縦軸:速度)。それぞれのグラフの横軸で負の値があるのは、打ち出し前のノーズコーンが飛距離を測る際に0と設定した位置よりも前に来てしまったためである。速度-Yは正のとき上昇、負のとき下降していることを示す。

グラフから、X軸方向・Y軸方向の速度は、どちらも翼なしの機体の方が速くなることがわかった。これは翼なしの機体の方が軽く、空気抵抗も少ないために加速しやすいのに対し、翼ありの機体は加速しにくいものの翼で揚力を発生させているため落下の速度が遅くなったからだと考えられる。



4. 考察

結果から翼により滑空の効率が上がることが分かったため、上空で翼を展開することができれば打ち上げ実験でも飛距離が伸びると考えられる。また詳しい解析はできなかったが、木の板で翼を製作し今回の実験と同様に打ち出したところ、翼なしの機体と同程度の飛距離だった。ビニール製の翼付きの機体のような飛距離が出なかった原因として、翼が重すぎたこと(全体で314g)、板よりもビニールのフィルムの方が風を受けたときに飛行機の翼型に近い形になることが考えられる。速度が速くないことも相まって、翼を付けたとしても機体の重量と効率よく揚力を生み出せるかで飛距離は大きく変化すると考えられる。

5. 結論・まとめ

水ロケットに翼を付けることにより滑空の効率が上がり、推進力を失った滑空部分での飛距離が伸びた。これからは翼の展開方法を考え、打ち上げ実験の際にも飛距離が伸びるようにしたい。

6. 参考文献

- 井上功夫. 『完全図解ペットボトルロケット講座』. 株式会社双葉社, 1996
- 公益社団法人 日本航空技術協会. 『航空工学講座1 航空力学』公益社団法人 日本航空技術協会, 2014
- 太田 貴之, 梅村 章. 水ロケットにおける飛行最適条件の研究. 日本航空宇宙学会論文集. 2001, Vol. 49, No. 574, pp. 382-387. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjsass/49/574/49_574_382/article/-char/ja
- 柴田 洋一, 高松 竹男. ペットボトルロケットの翼に関する考察. 小山工業高等専門学校研究紀要. 2005, 第37号 p. 23-28. https://www.jstage.jst.go.jp/article/oyama/37/0/37_KJ00004175907/_article/-char/ja/