

【D22】生物を模倣した小型羽ばたき飛翔体の開発

04E1063 横山 正直

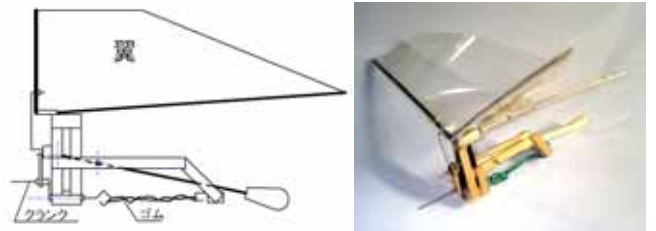
04E2007 江崎 哲史

指導教員 河村 良行

1. 緒言

本研究は羽ばたき飛行機の製作技術の習得、飛行時の解析を行うための機体の製作、新型の羽ばたき飛行機の開発の3つを目的としたものである。

風洞実験は機体製作の面で風洞班に協力するという形でいった。新型機は蝶型、コウモリ型の二種類を製作した。今まで製作してきた羽ばたき飛行機とは違う特徴を取り入れ、羽ばたき飛行機の揚力や推力の向上、小型化といった改良を目的とする。



中心に通っているシャフトが腹部である
図 1. 蝶型機側面図と蝶型機写真

2. 機体の仕様

2.1 風洞用の機体

風洞班で行う風洞実験で使用する機体を製作した。ラダーである程度の位置制御を行うとはいえ風洞前で飛行させるためには基本的に安定してまっすぐ飛行できるものを製作しなければならない。そこで二枚翼よりも振動が少なく、安定して飛行する 20cm 四枚翼タイプを製作した。機体仕様は全幅 200mm、全長 185mm、重量 2.94g、減速比 1/33.3、モータは 6-4.5 とした。今回使用した 6-4.5 のモータは重量 1.27g、最大回転数 900 回転/秒である。また、電源には 20mAh リチウムポリマバッテリーを使用した。

2.2 コウモリ型機

コウモリ型の新型機はコウモリの羽ばたき動作の特徴を羽ばたき飛行機に反映させることを目的としている。コウモリは翼を打ち上げる時、翼を折り曲げ飛行しており、この動作には空気抵抗を減らす効果があると考えている。そこでこの動作を羽ばたき飛行機に応用し試作した。機体仕様は全長 165mm、全幅 200mm、重量 3.44g、減速比 1/33.3 とし、風洞用と同じくモータは 6-4.5、電源は 20mAh のリチウムポリマバッテリーを使用した。

2.3 蝶型機

蝶型の新型機はいままで製作してきた羽ばたき飛行機とはまったく違う飛び方をする飛行機として製作した。蝶型機には尾翼がなく腹部につけた錘によってバランスをとるものである。

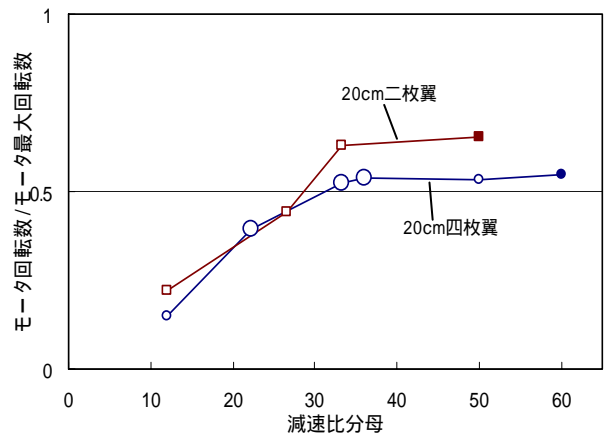
参考にしたのは千葉工大菊池研究室で研究されているアゲハ蝶型羽ばたきロボットである[1]。この蝶型ロボットの画像から構造を調べ、不明な部分は想像で補いながら試作を行った。機体はゴム動力によりクランクを回転させ、リンク機構によって翼と同時に腹部も動く仕組みになっている(図 1)。機体仕様は全幅 100mm、重量 0.53g である。

蝶型機は水平飛行にいたっていないものの、羽ばたかせたほうが安定して飛行するなど、羽ばたきによる効果は得られた。腹部の錘の調節によって飛行状態がよく変わることから、錘のバランスが非常に重要であ

表 1. 20cm 四枚翼機仕様

モータ	ギアタイプ	減速比	周波数	重量	飛行状態
6-4.5	平歯車	1 : 12	11.2 Hz	3.55g	
6-4.5	平歯車	1 : 22.2	16.0 Hz	3.47g	
6-4.5	平歯車	1 : 33.3	14.1 Hz	2.94g	
6-4.5	ウォームギア	1 : 36	13.5 Hz	3.27g	
6-4.5	平歯車	1 : 50	9.6 Hz	2.85g	
6-4.5	ウォームギア	1 : 60	8.2 Hz	3.80g	×

(: 上昇を続ける : 水平飛行かそれに近い飛行 × : 飛行不可)



: 上昇を続ける : 水平飛行かそれに近い飛行 : 飛行不可
: 上昇を続ける : 水平飛行かそれに近い飛行 : 飛行不可

図 2. モータの動作状態

ることもわかった。揚力については翼の材質、動き等の改善により向上できると考えている。蝶型機飛行時の高速度カメラによる映像を以下の URL に示す。

<http://www.fit.ac.jp/~y-kawa/packages/images/movies/butterfly01.mpg>

3. 安定飛行可能な機体の製作

安定して飛行できる機体を製作できるようになるまでいくつかの試作機を製作した。風洞用の機体はまず 20cm 四枚翼とし、主に減速比を変え最も安定し上昇力のあるものを製作することを目標とした。機体は表 1 に示す減速比で製作し飛行テストを行った。そのうち 1/60、1/36 についてはウォームギアを試用している。その結果羽ばたき周波数は機体重量にもよるが

約 10Hz 以上あれば十分であるということがわかった。図 2 のように減速比とモータ回転数の関係をまとめると約 1/30 より減速比を大きくしてもあまり意味がないことがわかる。そのことから、最大パワーに近く羽ばたき周波数の高い 1/30 程度が最もバランスの取れた減速比と言える(モータは動作特性曲線によると最大回転数の 1/2 で最大パワーになる)。二枚翼型も同様に 1/30 程度が良いようである。

四枚翼機は最大回転数の約 1/2 でモータ回転数が一定になっており二枚翼機よりも最大パワーに近いところで動作している。二枚翼機は最大回転数の 6 割程で一定になっているがこの違いは二枚翼と四枚翼の翼面積の違いによるものだと考えている。

また、ウォームギア使用の機体と平歯車使用の機体で平均消費電力の比較を行った。結果、羽ばたき周波数その他の仕様はほぼ同じであるにもかかわらずウォームギア使用型は 0.67W、平歯車使用型は 0.28W となりウォームギア使用型は倍以上の電力を消費しているという結果が出たため、それ以降はウォームギアを使用した機体の製作を行っていない。

4. コウモリ型機の性能検証

以下の実験ではコウモリ型と特に仕掛けのない二枚翼型(以下二枚翼型)の違いを調べ、コウモリ型に取り入れた特徴が推力向上に有効であることの確認を目的とする。

4.1 推力測定実験

静止推力を調べるため図 3 のような装置をつかって水平推力を垂直の力に変え電子秤で測定した。測定方法は前年度の測定方法と同じである[3]。

機体仕様は同じものを使用。機体を水平に固定し、電源には定電圧電源を用いて羽ばたき周波数を 5、10、15Hz に合わせた実験と電流を 0.1、0.15、0.3A に合わせた実験を行った。測定は 1 分間動かし続け、電子秤の値を 10 秒間隔で採った。

実験結果をグラフにまとめ図 4、図 5 に示す。このグラフよりコウモリ型の方が二枚翼型よりも 12Hz 以下では推力が大きく、また効率が良いことがわかった。

4.2 煙の流線による流れの可視化実験

コウモリ型が羽ばたき動作をしたときに発生する渦を調べるため風洞班の協力のもと流線を可視化した。それによってできた流線を観察すると翼の後ろに大きな渦ができた。実際のコウモリも翼の後ろに大きな渦を作っており、今回製作したコウモリ型は生物の模倣に成功したと言える。高速度カメラによるコウモリ型の流線実験の映像を以下の URL に示す。

<http://www.fit.ac.jp/~y-kawa/packages/images/movies/fudo03.mpg>

5. 結言

この研究により、安定して飛行できる機体の製作とそれを用いた風洞前での実験を行うことができた。また、コウモリ型に採用したような翼の仕組みが効率的に推力を発生することもわかり羽ばたき飛行機の可能

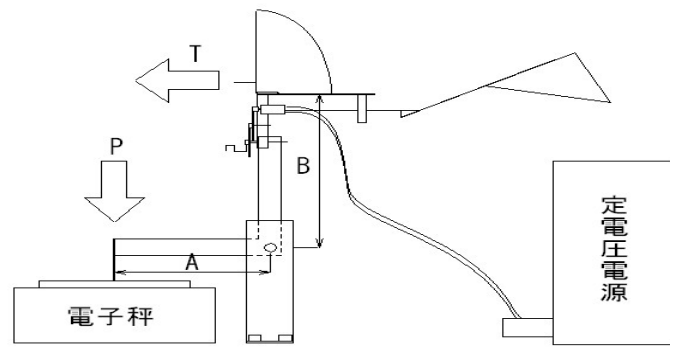


図 3. 推力測定装置

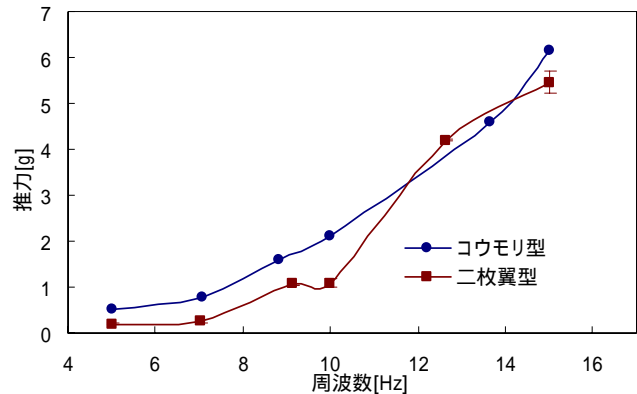


図 4. 周波数と推力の関係

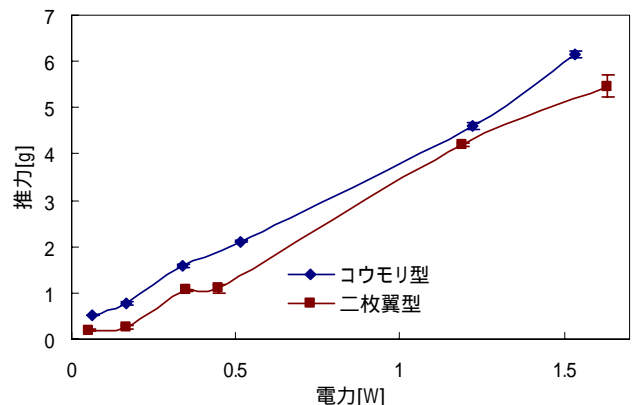


図 5. 電力と推力の関係

性を広げることができた。

今後の研究の課題として

1. さらに実際のコウモリに近い機体を製作し検証する。
 2. 今回採った映像データ等を数値的に解析する。
 3. 蝶型機の揚力向上を図る。
- 等がある。

参考文献

- [1] 千葉工業大学 菊池研究室 HP
<http://www.kikulab.it-chiba.ac.jp/main.html>
- [2] A.Hedenstrom, L.C.Johansson, M.Wolf, R.von Busse, Y.Winter, G.R.Spedding : “ Bat Flight Generates Complex Aerodynamic Tracks ”
- [3] 早田 智史 : “ ホバリング可能な昆虫サイズ羽ばたき飛行体の開発 ”