

【P13】鳥の運動を規範とした羽ばたき機構の高度化に関する研究

00E1011 井上 喜幸 00E1023 加茂 敬洋

(指導教員 河村 良行 教授)

1. 緒言

現在、羽ばたきによる飛行方法は世界中で注目されている。その飛行方法には昆虫や鳥類など様々な種類があり、また各々の分野で研究が進められている。それは羽ばたきによる飛行方法の効率や、昆虫などの小型の羽ばたきロボット(マイクロエアビークル)の開発などが挙げられる。

今年度の我々の研究は前年度の鳥の羽ばたき模擬ロボットの研究を引き継ぐ形で、鳥が羽ばたきによって得られる揚力を前年度より増大することを第一の目標とし、それに伴うより効率のよい羽ばたきを目的とした研究をしている。本報告では今年度得られた羽ばたき機構の実験報告を行う

2. 実験装置

2-1 鳥の飛行方法

鳥の飛行方法の要素として三種類の運動が挙げられる。翼を上下に動かすフラッピング、翼を前後に動かすリードラグ、翼をひねる運動のフェザリングの3パターンであるこの3つの運動を組み合わせながら鳥は上昇や滑空、空中での停止などの飛行を可能としていると考えられる

我々の研究での羽ばたきロボットはこの3つの要素のうちフラッピング運動とフェザリング運動の2要素を利用した羽ばたきロボットである。

2-2 ロボットの駆動方法

今回、研究の第一の目標である揚力の増大について我々は前年度に使用されていたサーボモーターよりも DC モーターを使用したリンク機構の方がより強い羽ばたきが可能であるのではないかと考え、フラッピング運動部分にリンク機構を利用した羽ばたきロボットを製作した。フェザリング運動については前年度と同じくサーボモーターを使用した。今回のリンク機構で使用した DC モーターは maxon motor 株式会社製の DC モーター RE-max24 グラファイトブラシを使用した。また、サーボモーターには近藤科学株式会社製の PDS-2123 FET を使用した。

次にサーボモーターと DC モーターとでは内部の作りから動きまで異なる点が多いことから前年度の揚力値と今回のデータを比較しても良い参考データが取れないと考え、サーボモーターの動きに近づけるために DC モーターに正逆転運動をさせた機構を使用した。この正逆転機構の DC モーターはリンク機構と同様の RE-max24 グラファイトブラシを使用した。

DC モーターを正逆転制御するドライバーとして東芝セミコンダクター社製 DC モーター用フルブリッジモータードライバ TA8429H を使用する。フルブリッジモータードライバ TA8429H のモーターを制御するための入力端子には、発信回路である無安定マルチバイブレーターで方形波を出力させモーターの回転を制御する。以上の正逆転機構とリンク機構で空気力(F)を比較する。そのためフラッピング運動の周波数を合わせるために無安定マルチバイブレーターの調整を行う

2-3 実験用ロボット

実験用ロボットの構造を図1,図2に示す。フラッピング運動には DC モーターを利用したリンク機構を、フェザリング運動にはサーボモーターを使用した。以上の2つの運動要素を使用し、サーボモーターの固定をするサーボ固定具をリンク機構の上下運動によってフラッピング運動をさせる装置である。また、正逆転機構はその装置の関係からフラッピング運動のみである。

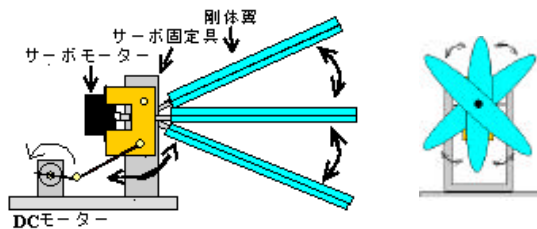


図1 リンク機構とサーボモーターによる剛体翼のフラッピングフェザリング運動

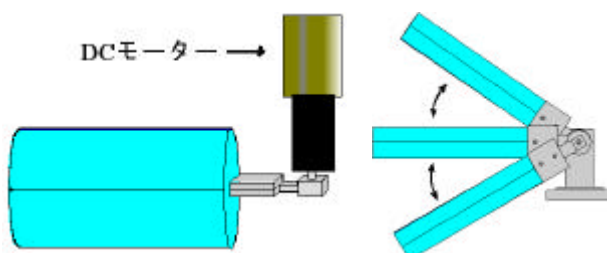


図2 DC モーター正逆転機構のフラッピング運動

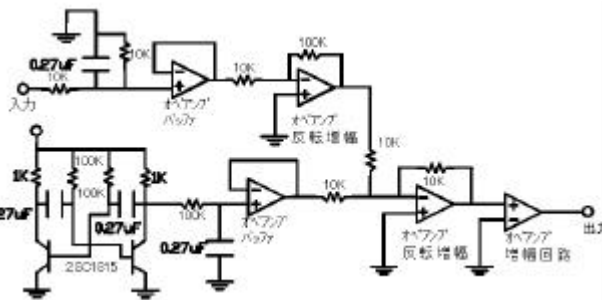


図3 リンク機構における DC モーターを制御する為の PWM 制御回路図

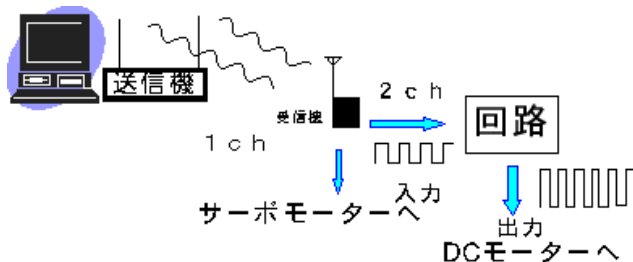


図4 PWM 制御による DC モーター及びサーボモーターの制御方法

3. 実験

3-1 リンク機構と正逆転機構での効率の比較

前年度に使用されていたサーボモーターとの空気力の比較をわかりやすくするために DC モーターに正逆転運動をさせたものとリンク機構との比較を行った。空気力の計測方法として日章電機株式会社の3分力検出器を使用した。今回使用した3分力ロードセルはX軸Y軸Z軸のひずみを測定するものである。

リンク機構及び正逆転機構の比較をする実験方法としてリ

リンク機構及び正転逆転機構の駆動をする DC モーターの入力電圧を定電圧装置により 6V で一定にした。並びに、フラッピング周波数も 1.58Hz で一定にして測定を行った。

リンク機構と逆転機構それぞれの消費電力での比較を行い、その結果を元に 1 周期当りに Z 軸に発生した空気力 (Fz) 並びに、1W 当りの空気力での比較も同時に行った。

3-2 リンク機構とCybird による推進力及び効率の比較

今回我々は Neuros 社製品にある、実際に羽ばたきによる飛行をする Cybird というラジコン飛行機を用いて実験を試みた。

その Cybird の駆動部にはリンク機構を使用しており、またフラッピング運動の周波数は 9.2Hz で羽ばたき飛行を実現している。我々の翼が剛体翼なのに対し、翼の骨組みにカーボンファイバーロッドを使用しておりしなりと強度の両方を得ている。図 5 に示すように、この Cybird を 3 分力ロードセルに取り付け Y 軸を推進力 (Fy) とし計測を行い、我々が製作したリンク機構との推進力及び効率の比較を行った。

比較の方法としては実験 3-1 と同じようにそれぞれの出力電圧を計測しそれを元に 1W 当りの推進力での効率を求めた。

4. 実験結果及び考察

4-1 リンク機構と正転逆転機構の効率の比較

実験を行った時の条件及び実験結果を表 1、図 6 に表す。表 1 はリンク機構と正転逆転機構を比較した表である。図 6 は実験によって得られた空気力をまとめたものである。まず表 1 では消費電力を P、空気力の絶対値の平均を Fz とし、リンク機構と正転逆転機構での比較を読み取ろうとした。

表 1 の結果から読み取れるように、リンク機構と正転逆転機構では両者ともに大きな差は見られなかった。これは装置の関係上リンク機構は定電圧装置から直にモーターへ 6V の入力電圧をかけているのに対し、正転逆転機構は一度、フルブリッジモータードライバを通してからモーターに正転逆転運動をさせている為、モーターにかかる電圧が入力電圧の 6V から約 4V に下がってしまい、消費電力がリンク機構とほぼ同じになってしまったと考えられる。

4-2 リンク機構とCybird による推進力及び効率の比較

実験結果を表 2、図 7 に示す。表 2 はリンク機構と Cybird での比較結果を示したもので、図 7 は実験で発生した推進力についてまとめたグラフである。4-1 の実験結果と同様に表 1 の消費電力は P とし、推進力の絶対値の平均を Fy とした。

表 2 の結果から推進力の絶対値の方では Cybird の方が 1.1N 上回っているが、消費電力では Cybird の方が 22W 上回っている。この為 1W 当りに発生する推進力は Cybird よりもリンク機構の方が上回り、効率で比較をするとリンク機構の方が良いという事になる。

しかし図 7 から推進力のみで比較を行うと、最高値ではリンク機構が 0.5N 上回っているが Cybird の方がより多くの推進力を発生している事がわかる。

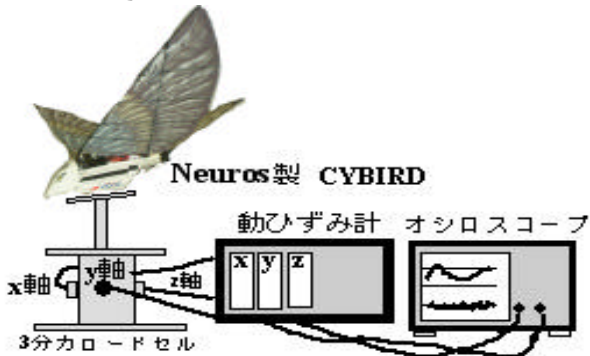


図 5 Neuros 製 Cybird における推進力測定をする為の実験装置図

表 1 リンク機構と正転逆転機構の効率比較結果

	リンク機構	正転逆転機構
入力電圧 (V)	6	6
フラッピング周波数 (Hz)	1.58	1.58
フラッピング角度 (deg)	70	60
消費電力 P(W)	2.71	2.8
空気力の絶対値の平均 Fz' (N)	0.8872	0.8808
Fz'/P (N/W)	0.3274	0.3144

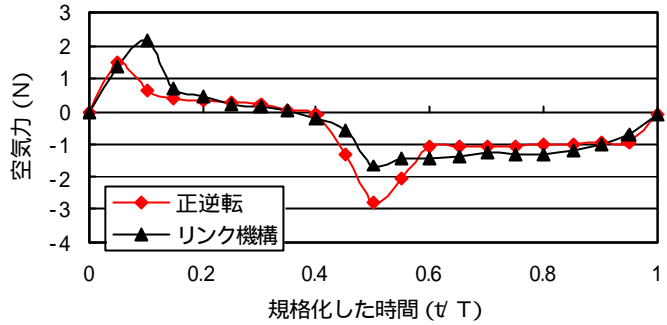


図 6 リンク機構と正転逆転機構の 1 周期当りの空気力比較結果

表 2 リンク機構とCybird の効率比較結果

	リンク機構	CYBIRD
消費電力 P(W)	2.71	24.7624
推進力の絶対値の平均 Fy (N)	1.9429	3.0781
Fy/P (N/P)	0.7169	0.1243

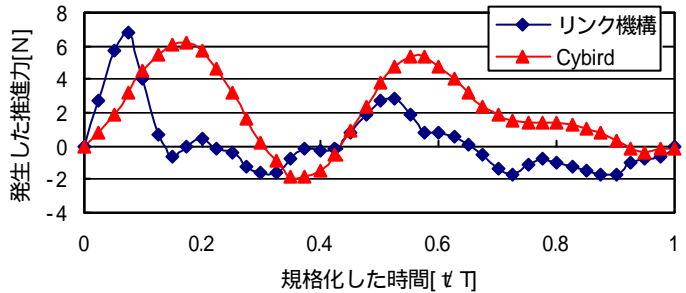


図 7 リンク機構とCybird の 1 周期当りの推進力比較結果

5. 結論

(1) 前年度の羽ばたきロボットよりも揚力の増大化をはかるため、DC モーターによるリンク機構を利用した鳥の羽ばたき模擬ロボットの設計及び製作を行った。また、前年度のサーボモーターと今年度の DC モーターでは特性や仕様、実験条件が異なる為、よい結果が得られないと考え、DC モーターに正転逆転運動をさせた機構を製作した。

(2) 正転逆転機構とリンク機構との比較より、空気力の平均及び 1W 当りの空気力の平均では大きな差は見られなかった。その要因としてリンク機構と正転逆転機構の装置の違いの為に考えられる。また、仮に正転逆転機構の DC モーターへ直に 6V の電圧がかかった場合の F/P は 0.2121 となりこの場合はリンク機構の方が正転逆転機構よりも効率が良いと言える。

(3) リンク機構と Cybird の推進力における比較について、効率について 1W 当りに発生する推進力ではリンク機構が上回るものの、推進力の絶対値の平均では Cybird が上回っていた。

参考文献

- 平成 14 年度 卒業論文「鳥の羽ばたきロボットの研究」
- 平成 14 年度 修士論文「鳥の羽ばたき運動における最大推進力発生のための最適学習制御」