

課題番号 : F-15-UT-0086  
利用形態 : 機器利用  
利用課題名(日本語) : 蝶の離陸時の飛翔力計測  
Program Title (English) : Measurement of flying force of a butterfly at the time of take-off  
利用者名(日本語) : 古谷龍<sup>1)</sup> 風間涼平<sup>1)</sup>, 高橋英俊<sup>1)</sup>, 高畑智之<sup>1)</sup>, 松本潔<sup>2)</sup>, 下山 勲<sup>1)</sup>  
Username (English) : R. Furuya<sup>1)</sup>, R. Kazama<sup>1)</sup>, H. Takahashi<sup>1)</sup>, T. Takahata<sup>1)</sup>, K. Matsumoto<sup>2)</sup>, I. Shimoyama<sup>1)</sup>  
所属名(日本語) : 1) 東京大学大学院情報理工学系研究科, 2) 東京大学 IRT 研究機構  
Affiliation (English) : 1) Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo, 2) IRT research initiative, The University of Tokyo

## 1. 概要(Summary)

昆虫の羽ばたき飛翔に関する研究は、様々なアプローチで行われている。また、羽ばたき角や流体の流入速度から準定常理論による揚力係数・抗力係数などを算出する試みが行われている。しかし、モデル化やシミュレーションによるアプローチでは予測に限界があり、自由飛翔中の昆虫に働く力と運動の関係を、実際に計測する必要がある。昆虫の飛翔におけるレイノルズ数( $10^3$  程度)の領域では、翼面圧力差が支配的であることが分かっている。

そこで、MEMS 差圧センサをオオゴマダラの翼面の前縁部に貼り付け、飛翔開始時の翼面の上下に発生する圧力差を直接計測する。同時に、2台の高速度カメラで飛翔運動の様子を撮影し、映像を解析する。この2つを合わせて解析することで、準定常理論による垂直力係数を算出し、チョウの飛翔開始時に発生する力の時間変化を調べた。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

高速大画面電子線描画装置(F5112+VD01)

### 【実験方法】

チョウの羽ばたきにより発生する翼面差圧は数 Pa 程度であると考えられるので、分解能がその 1/10 のオーダーの 0.1 Pa である差圧センサを作製した。東京大学 VDEC の高速大画面電子線描画装置を用いてフォトマスクを作製し、デバイスの製作に利用した。計測に用いた差圧センサは、センサの上下面に圧力差が生じることでセンサチップ上のカンチレバーがたわみ、根本部分のピエゾ抵抗値が変化する。この抵抗値の変化を、電圧の変化として計測することで差圧を計測できる。

このセンサの共振周波数は 13 kHz であり、チョウの羽

ばたき周波数の約 10 Hz に対して十分に大きいので、計測に適している。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

実験を行うにあたり、センサを取り付けた場合と取り付けしていない場合の飛翔の様子を撮影・比較し、センサの影響が小さいことを確認した。運動の解析手法として、映像から羽ばたき角と体軸角、直進飛行を同時に観察するため、2台の高速度カメラを設置し、2方向からの撮影を行った。撮影した映像には、コマごとにチョウの一定の部位を座標としてプロットし、角度や距離、その時間微分を算出することで解析を行った。離陸時の1羽ばたき目に比較的大きな値が計測され、離陸にあたって、飛行中に比べて大きな力を得ていることが示唆された。

## 4. その他・特記事項(Others)

本研究の一部は、JSPS 科研費の援助を受けて行われた。

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) 古谷龍, 風間涼平, 高橋英俊, 松本潔, 高畑智之, 下山勲 “蝶の離陸時の飛翔力計測,” ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015, みやこめっせ, 京都, 2A2-G01, May 17-19, 2015.

## 6. 関連特許(Patent)

なし。