

# 審査の結果の要旨

氏 名 高 橋 英 俊

本論文は「昆虫羽ばたき飛翔における翼面圧力差計測」と題し、6章から構成される。

昆虫の羽ばたき飛翔において、翼面に作用する空気力には未解明な部分が多い。この発生メカニズムの解明のため、数多く研究が行われてきたが、研究方法として、シミュレーションや大型の人工翼を使った計測など間接的な手法しか存在しなかった。本論文では、自由に羽ばたき飛翔するクロアゲハの翼面に働く空気力による差圧を、直接計測することを目的としている。

第1章「序論」では、研究の目的、背景、意義と、従来の研究について述べている。

第2章「原理・設計・製作」では、MEMS 差圧センサとして用いているピエゾ抵抗型カンチレバーの原理と設計と製作について述べている。ピエゾ抵抗型カンチレバーの上面と下面に圧力差が加わると、カンチレバー表面に力が加わり、カンチレバーが歪む。この歪みに応じて、ピエゾ抵抗型カンチレバーの抵抗値が変化するので、抵抗変化率から圧力差を計測することができることを示している。

第3章「差圧センサ基礎特性」では、試作した差圧センサの特性を計測している。抵抗変化率と圧力差との関係を実測すると  $\Delta R/R = 1.3 \times 10^{-4} \Delta P$  となり、S/N比が1以上の信号が計測可能であると仮定することで、試作したセンサの圧力差分解能を0.05 Paとしている。

第4章「人工翼を用いた圧力差計測」では、固定された人工平板翼に働く空気力を、ロードセルおよび差圧センサで計測して比較している。

第5章「クロアゲハの圧力差計測実験」では、クロアゲハの離陸時の圧力差計測を行っている。パターンニングしたCu/Polyimideのフレキシブル基板上に差圧センサチップを取り付け、翼面に接着している。金線を含めたセンサの総重量は約35 mgであり、クロアゲハの重量に対して10%以下であることを示している。使用したクロアゲハの平均翼長及び平均体重はそれぞれ57.3 mm及び433 mgであった。また平均羽ばたき周波数は8.5Hzであった。圧力差計測と同期して高速カメラでクロアゲハの飛翔運動を観察し、これらを使って解析を行っている。羽ばたき運動に同期し、打ち下ろしでは最大10Pa、打ち上げでは最小-10Paの圧力差が発生していた。垂直力係数の平均値は3.4であり、定常流れにおける値よりも大きい値であった。

第6章「結論」では、本研究によって得られた結果をもとに結論を述べている。

以上要するに、本論文では、感度が0.1 Pa以下と非常に高く、重量が0.7 mgと軽い差圧センサを試作し、これを、クロアゲハの翼面に貼り付けることで、昆虫の自由飛翔中の空気力を初めて直接的に計測した。計測結果から、離陸時の翼面の空気力分布及び空力特性を定量的に明らかにした。この結果は、これまでの数値計算や、テザードといわれる方法で昆虫を固定したときの計測に対して、自由飛行中の計測データを提示して、昆虫の飛翔研究やマイクロ世界での流体力の研究を進めるという意義をもつものである。この点から本論文は、知能機械情報学の発展に貢献したものであって、本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。